

**Sink-, magnesium- og
sinkmagnesiumsulfater i overflatene
på 15 av
Edvard Munchs aulaskisser
(1909-1910)**

Erika Gohde Sandbakken



Det humanistiske fakultet
Institutt for arkeologi, konservering og historie

Masteroppgave i malerikonservering, prosjektbasert 4590

UiO : Universitetet i Oslo

Mai 2014

**Sink-, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater i
overflatene på 15 av Edvard Munchs aulaskisser
(1909-1910)**



– en case-studie

© Erika Gohde Sandbakken

År: 2014

Tittel: *Sink-, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater i overflatene på 15 av Edvard Munchs aulaskisser (1909-1910)*

Forfatter: Erika Gohde Sandbakken

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Foto foregående side: *Mennesker i solen*, detalj (sidelys), Erika Gohde Sandbakken

Sammendrag

I dette masterprosjektet ble hvite overflatekrystaller i prøver fra syv av Edvard Munchs aulaskisser (1909-1910) identifisert som sink-, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater (XRD, SEM EDS/EDX). Krystallene ble observert i 15 skisser, både på eksponerte lerretsområder og på fargestift- og/eller på malingsstrøk. Magnesiumsulfat er blant utfellende salter som er vanlig å finne på porøse bygninger og på veggmalierier. I oljemalerier er hvite krystaller ofte identifisert som fettsyrer og metallsåper. De nevnte saltene er også identifisert på andre malerier utført på lerreter og på papir. I nyere forskning er det hevdet at magnesiumsulfat kan bli identifisert oftere på ufernisserte oljemalerier fra tidlig 1900-tall, saltene kan medvirke til sensitivitet overfor vann.

For å finne årsaker til forekomsten av metallsaltene og for å forstå utviklingen av disse, ble det utført litteratursøk, ulike undersøkelser og analyser. Det ble ikke påvist noen klar sammenheng mellom bindemidler som olje, animalsk lim, fett og/eller oljestifter og mulige kaseinlag, som ble indikert eller påvist i skissene (FTIR, GK-MS og DTMS). Det ble påvist høye forekomster av svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca) og sink (Zn) i både umalte lerretsområder (XRF) og i fargelag (XRF og SEM-EDX). Dette antyder at skissene har blitt utsatt for forurensing og /eller en forbehandling av lerretene, som er nedbrutt. Svovelbasert luftforurensning fra langbårne og lokale kilder var langt høyere tidlig på 1900-tallet enn i dag. Magnesium kan ha blitt tilført skissene gjennom nedbør, med havet som kilde.

Forurensningspartikler fester seg lettere til porøse og ujevne overflater enn til glatte overflater. Fargelagenes generelt porøse karakter har gjort skissene mottagelige for forurensing. Det har også gjort det enkelt for metallsaltene å krystallisere og eventuelt felle ut på overflatene. Saltutvikling forutsetter at skissene ble utsatt for klimasykluser som har inkludert høy RF. Dette er fordi saltene er avhengig av å være i løsning før de krystalliserer under fordampning av vann. Krystallene er hygroskopiske og dermed kjemisk aktive. Saltenes hydrering og dehydrering bestemmes av ulike RF- og temperaturparametere. For eksempel tar magnesiumsulfat heptahydrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) til seg et vannmolekyl og hydrerer ved RF 41 % -51 % i romtemperatur. Ved hydrering vokser krystallene slik at de kan skape skader i et fargelag. Det er vanskelig å anbefale oppbevaringsparametere for skissene, fordi de identifiserte saltene ble påvist i tre ulike hydreringsstadier. I følge Arrhenius formel, er lav temperatur en viktig faktor: Mange kjemiske reaksjoner dobles for hver 10. °C.

Abstract

In this project white surface crystals were observed in 15 sketches from Edvard Munch's Aula sketches (1909-1910). These were visible in both exposed areas of the canvases, on crayons and on strokes of paint. Zinc-, magnesium- and zinc magnesium sulfates were identified (XRD, SEM EDS/EDX) in several samples. Magnesium sulfate is amongst the efflorescent salts more commonly found on the surface of porous buildings and mural paintings. Thus, white crystals found on oil paintings are often identified as fatty acids and metal soaps. The aforementioned salts have also been identified on other paintings on canvas and on paper. It has been suggested in more recent research, that magnesium sulfate could be identified as a more common source of water sensitivity on oil paintings from early 1900.

Searches in literature, investigations and analyses were used to explain the causes for, and to understand the formation and reactions of the metal salts found. There was no clear correlation between the oil media, animal glue, fat and/or oil crayons and possible layers of casein that were identified (FTIR, GK-MS and DTMS). However, high contents of sulfur (S), potassium (K), calcium (Ca) and zinc (Zn) were found in all areas (XRF, SEM-EDX). This may indicate that the sketches were exposed to pollution or that the canvases were pre-prepared with a substance that has deteriorated. Sulphur based airborne pollution were higher in the 1900s than today. Thus, the content of magnesium found on the sketches that may have been transported through rain, with the sea as the source.

Particles of pollution appear to readily adhere to porous and irregular surfaces. Additionally, the general porous character of the surfaces have made the sketches more susceptible to pollution and made it easier for the metal salts to crystallize and effloresce on to the surface. For the salts to form one can presuppose that the sketches have been stored under climatic cycles, since the salts require to be in solution before it can crystalize as the water evaporates. The crystals are chemically active, and will rehydrate or dehydrate under various relative humidity and temperature parameters. For example, magnesium sulfate heptahydrate will rehydrate in room temperature at 41-51% RH. A rehydration of the salt could, in turn, causes damage as the volume of the crystals grows. The identified salts found on Munch's sketches were in three different hydration states, which make it challenging to provide specific recommendation regarding storage conditions. Controlling the temperature may be the key factor in reducing unwanted chemical reactions.

Forord

Takk til min hovedveileder professor Tine Frøysaker for kommentarer og hjelp til strukturering av masteroppgaven, og tidligere veileder Jilleen Nadolny for hjelp til fremgangsmåte i første del av prosjektet. Avdelingsleder Inger Grimstad for oppmuntring og tilrettelegging og tidligere avdelingsleder Mette Havrevold for å gjøre meg oppmerksom på temaet for denne oppgaven. Ida Tank Bronken for hjelp ved utførelse av SEM-EDX, XRF-analyser og annen hjelp. Gerd Woll for nyttige innspill til kapittel 4 og vedlegg 16. Gry Landro og Magdalena Godzimirska for gode diskusjoner rundt tegnemedium-terminologi. Eva Storevik Tveit for korrekturlesing (kapittel 3 og 9) og samtaler rundt og utveksling av erfaringer rundt aulaskissematerialene. Professor Jaap J. Boon for samarbeid med publikasjon om skissen *Forskerne I* som også gav nyttig informasjon til dette prosjektet. Emilien Leonhardt fra Hirox Europe for nyttige foto og for å ha hørt på mine ønsker under demonstrasjonen av mikroskopet. EU-Artech (Molab) ved Constanza Miliani for deres uvurderlige arbeid generelt med analyseprosjektet deres som er EU-finansiert, og for informasjon om originalmaterialer i to skisser. Renie Birkedal Nielsen for XRD analyser ved kjemisk institutt, UiO. Hartmut Kutzke for hjelp med SEM-EDX analyser ved KHM. Iris Müller Westermann og Jan Thurmann-Moe for deres tid og informasjon under intervjuer. Duncan Slarke for hjelp til tolkning av noen av XRF-analysene. Bonnie Rimer for lange e-poster med generøs deling av sine prosjekter i arbeid rundt frie fettsyreutfellinger. En takk til Hege Sjølie og Terje Syversen for korrekturlesing av deler av oppgaven. Jin Strand Ferrer, Lina Wulf Flogstad for korrekturlesing av kapittel 4 og vedlegg 16. Og ellers Mie Mustad og andre kollegaer i konserveringsavdelingen ved Munch-museet for ulik hjelp og assistanse.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord.....	iii
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstillinger	2
1.3 Avgrensninger	4
2. Hvite overflatefenomener	7
2.1 Terminologi	7
2.2 Ulike hvite overflatefenomen: en kort oversikt.....	8
<i>Frie fettsyrer.....</i>	9
<i>Metallsåper.....</i>	9
<i>Metalloksalater.....</i>	10
<i>Saltutfellinger.....</i>	10
<i>Ultramarine sickness.....</i>	10
<i>Kritting</i>	11
2.3 Saltutfellinger på ulike materialgrupper.....	11
<i>Saltutfellinger i bygninger, bergkunst og veggmalier.....</i>	11
<i>Hvite krystaller på maleri, lerret og på papir.....</i>	17
<i>Noen pigmenters betydning.....</i>	20
3. Kilder og metoder.....	22
3.1 Litteratursøk	22
3.2 Arkiv, samtidskilder og relasjonskilder	23
3.3 Personlig kommunikasjon og intervju.....	24
3.4 Undersøkelles- og analysemetoder	26
<i>Undersøkelles- og analysemetoder som ikke krevde prøveuttak</i>	27
<i>Undersøkelles- og analysemetoder som krevde prøveuttak</i>	30
4. Skissenes originale materialer og male/tegneteknikker.....	38
4.1 Lerretene.....	38
<i>Vevstruktur, farge og trådtetthet i lerretene.....</i>	41

	<i>Limdrenking eller annen forbehandling av lerretene?</i>	43
	4.2 Fargelag: ulike teknikker.....	43
	<i>Fargestifter; hva er det?</i>	43
	<i>Kasein, lim, olje og blandingsteknikker</i>	47
	4.3 Sekundære materialer, behandlingshistorikk	48
5.	Analyse- og undersøkelsesresultater av lerretene og fargelag	51
	<i>Fiberanalyser</i>	51
	<i>Mikroskopundersøkelser av lerreter</i>	51
	<i>UV-lys undersøkelser av tre lerreter</i>	51
	<i>Eksperiment: vedheft-test på ubehandlede bomullslerreter</i>	52
	<i>XRF-målinger av fire lerreter sammenlignet med fire nye bomullslerreter</i>	52
	<i>Laboppbygging og pigmenter</i>	53
	<i>Bindemidler</i>	56
6.	Skissenes tilstand og ulike nedbrytningsfaktorer	59
	6.1 Lerretene.....	59
	<i>Biologisk nedbrytning: mugganalyser</i>	61
	<i>Nedbryting av evt. Limdrenking</i>	62
	6.2 Fargelagene	62
	<i>Matte overflater og porøsitet</i>	63
	<i>Manglende stabilitet</i>	63
	<i>Biologisk nedbryting</i>	64
	<i>Overflatefenomenenes påvirkning på fargelagene</i>	64
7.	Overflatefenomenene på de 15 skissene	65
	7.1 I eksponerte lerretsområder	65
	7.2 På fargelag	65
8.	Undersøkelses- og analyseresultater av overflatefenomenene	67
	<i>Mikroskopanalyser</i>	67
	<i>Løselighetstester</i>	67
	<i>XRD-analyser</i>	68
	<i>SEM-EDS/EDX-analyser av overflatefenomen</i>	69
	<i>XRF</i>	70
9.	Diskusjon	71
	9.1 Bomullslerretene	71
	<i>Alun-lim behandling</i>	71

<i>Alunvann</i>	74
<i>Nye bomullstekstiler og bomullsvatt versus Munchs bomullslerreter</i>	75
<i>Naturlige mineralsalter i bomullsfibre</i>	76
9.2 Eksterne påvirkninger	77
<i>Forurensing</i>	77
<i>Oppbevaring utendørs eller innendørs</i>	79
<i>Konsekvenser av utendørs opphold og/eller dårlig lagring</i>	80
9.3 Pigmenter og bindemidler	81
<i>Noen pigmenters betydning</i>	81
<i>Tegne- og malemedier</i>	82
<i>Hjemmelaget maling</i>	85
9.4 De hvite krystallene.....	86
<i>Sink, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater</i>	86
<i>Blandingsalter og krystallspredning</i>	87
<i>Fuktighetsekvilibrium og hydreringsstadier</i>	87
<i>Når krystallene kan ha blitt synlige på skissene</i>	90
10. Konklusjoner og anbefalinger til videre bevaring	93
<i>Funn og årsaker</i>	93
<i>Preventive tiltak, videre bevaring</i>	95
11. Videre forskning.....	97
12. Referanser	98
Vedlegg.....	117
<i>Liste over illustrasjoner</i>	117
<i>Illustrasjoner</i>	117
Vedlegg 1 Kort presentasjon av de 15 skissene	131
Vedlegg 2 Prøveuttaksområder og markerte områder med overflatekrystaller.....	136
Vedlegg 3 Terminologi: noen oversettelser	139
Vedlegg 4 Analyseresultater: Tabell 1, 2, og 3	140
Vedlegg 5 Mugganalyser	143
Vedlegg 6 XRF-grafer og grunnstofftabeller.....	144
Vedlegg 7 Mid-FTIR.....	156
Vedlegg 8 XRD-grafer.....	157
Vedlegg 9 SEM- EDS/EDX grafer og back scatter illustrasjoner	161

Vedlegg 10 FTIR-ATR og FTIR-transmisjon spektrografer.....	173
Vedlegg 11 To GK-MS prosedyrer	177
Vedlegg 12 GK-MS-grafer	178
Vedlegg 13 Polarisasjonsmikroskopundersøkelse (krystaller).....	180
Vedlegg 14 Fettsyreutfellinger og metallsåper i malerier og andre materialer.....	181
Vedlegg 15 Transkribert intervju av Thurmann-Moe	185
Vedlegg 16 Litt om konserveringshistorien i Munch- museet sett i lys av rense og- Hestekur-problematikken og generell konserveringsetikk.....	189

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I perioden 1909-1916 malte Edvard Munch (1863-1944) ca. 130 skisser og utkast til dekorasjonene i Universitetets aula. De fleste av dem er utført på ulike lerreter og noen få er utført på papp og kartong.¹ Auladekorasjonene ble ferdigstilt i september 1916 og er permanent utstilt i aulaen. Skissene og utkastene var en del av Munchs testamentariske gave til Oslo kommune og er i dag en del av Munch-museets samling. Mange av arbeidene ble rullet opp i 1915 (N 326; Flaatten 2009: 129), og 22 av dem er fremdeles lagret på ruller i museets magasin (Sandbakken & Tveit 2012: 87).² Imidlertid ble 99 skisser spent opp på blindrammer i perioden 1948-1966. Det er 15 av de sistnevnte som er tema for denne oppgaven (vedlegg 1, s. 132). Store deler av overflatene til disse skissene er dekket av uidentifiserte hvite overflatefenomener (vedlegg 2, s. 136).

I 1989 undersøkte en mykolog prøver av de hvite overflatefenomenene fra to av disse aulaskissene (*Historien I og Astronomi*). Imidlertid påviste ikke direkte mikroskopering, isolerings- og dyrkningsforsøk mugg i prøvene.³ Samme år ble områder med overflatefenomener i skissen *Historien I* forsøkt behandlet ved å spraye på Thalens fixativ.⁴ Behandlingen ga ikke nevneverdige resultater. Fenomenene ble beskrevet som hvite nupper i overflatene på skissene (Havrevold 1989: TMS).

I 2007 ønsket atelierleder for konserveringen⁵ en grundigere undersøkelse av dette problemet. Det var hensiktsmessig å dokumentere fenomenenes natur, omfang og årsaker for å kunne lage et behandlingsforslag for disse verkene. Preliminære undersøkelser til dette masterprosjektet viste at 15 skisser har tilsynelatende lignende hvite overflatefenomener. Alle

¹ Munch-museet har 3 aulaskisser som er malt på papir og 2 som er malt på papp, de som er malt på papir er klistret til lerreter (Munch-museets database: TMS).

² De 31 aulaskissene ble rullet ut, undersøkt og konservert i tiden mellom 2006-2011 (Tveit 2011). Av de 31 ble 22 rullet til nye ruller, 6 ble lagt i esker og tre ble spent opp på blindrammer.

³ Prøvene ble undersøkt av daværende statsmykolog Håkon Rød (TMS: Munchmuseets database).

⁴ Thalens fiksativ 061 inneholder fargeløse løsemidler, etanol og aceton.

Thalens concentrated fixative 064 inneholder fargeløs harpiks og etanol. På nettsiden til Thalens reklamerer de for at dette fiksativet «retusjerer» *blooming* eller såkalt hvit slørdannelse på fargeblyanttegninger.

⁵ Mette Havrevold var atelierleder for konserveringsavdelingen i Munchmuseet fra 1999- 2013.

er aulaskisser, malt i perioden 1909-1910.⁶ Størrelsene på de 15 arbeidene varierer fra 270 cm x 728 cm (*Forskerne I*) til 95 cm x 57 cm (*Historien II*).⁷

Karakteristiske trekk ved 13 av skissene er at de i hovedsak er utført med tegnemedier på ikke-grunderte bomullslerreter, men med enkelte innslag av malingsstrøk. Store deler av lerretene er uten påførte tegne- eller malemedier. Imidlertid er to av dem, *Forskerne I* og *Nakne Figurer II*, malt med mer dekkende malingsstrøk og kun med innslag av brukte tegnemedier.

I perioden mellom 1909 og 1915 leide Munch en eiendom, kalt Skrubben, i Kragerø (ill. 1). Han fikk oppført et uteatelier raskt etter ankomst (Gierløff 1946: 162). Mange av skissene ble utført i utendørsatelieret og noen av dem ble hengende ute i flere år (N 47). Munch bygget tre vegger inntil en av husveggene (N 448). Sammen dannet de et sluttet uterom med fire vegger. Uterommet var kun dekket av et halvtak som var ca. en og en halv meter bredt (N 136) (ill. 2). Slik har skissene vært minimalt beskyttet, og de har blitt utsatt for skiftede værforhold. Eksempelvis vil de ha vært i frossen tilstand i deler av vinterhalvårene. Under slike forhold var mange av dem disponert for rask nedbrytning. Fellestrekk for alle de 130 aulaskissene er at de har matte og ustabile fargelag.

1.2 Problemstillinger

Hvite overflatefenomener er kjente tilstandsfenomener innenfor mange materialdisipliner. I for eksempel veggmalier er det funnet flere typer av utfellende løselige salter. Disse blir tilskrevet porøse bygningsmasser og kjemiske reaksjoner som inntreffer under repeterende klimasykluser. Hvite overflatefenomener på oljemalier har ofte sammenheng med kjemiske reaksjoner i oljebindemidlene. Fenomenene og er ofte rapportert som frie fettsyrer, metallsåper eller oksalater. De kan være ulike nedbrytningsprosesser som blant annet kan påvirkes av fuktighet, lav pH, hydrolyse og forurensning. Enkelte pigmenter er også påvist

⁶ En skisse er imidlertid datert til 1924-29 (*Nakne figurer II*, Woll 1829 App.), men dateringen av Munchs malier, så lenge ikke Munch har datert dem selv, kan ofte være usikker, særlig når det gjelder skisser (Gerd Woll 24.3.2014: personlig kommunikasjon). Det er sannsynlig at denne skissen er feildatert og skulle ha vært datert til samme periode som de andre 16 aulaskissene på grunnlag av brukte materialer og tilstandsfenomenene skissen har. Imidlertid fortsatte også Munch å male flere skissepregede motiver med aulatemaer i årene etter 1916, både detaljer og hele motivtemaer (for eksempel Woll 1394, Woll M 1395 og Woll 1605).

⁷ Til sammen utgjør skissene ca. 46,5 m² og i gjennomsnitt måler skissene ca. 2,7 m².

som disponible for hvite overflatefenomener. Uansett materialdisiplin blir flere tilstands- og skadefenomener tilskrevet hvite overflatekrystaller.

Hovedproblemstillingen med denne masteroppgaven er å definere hva de hvite overflatefenomenene på Munchs skisser er og å finne bakenforliggende årsaker. Siden det er så mange som 15 av Munchs aulaskisser som har hvite krystaller i overflatene, var det interessant å finne ut om det var mulig å identifisere ulike typer overflatefenomener. Det var også hensiktsmessig å undersøke om de kunne sammenlignes med tilsvarende funn på andre malerier eller på andre materialgrupper. For å forstå i hvor stor grad overflatekrystallenes utvikling er relatert til skissenes originale materialer og male- og tegneteknikker, er pigmenter, bindemidler, typen lerret og en mulig for-preparering av lerretene viktige faktorer.

Det er sannsynlig at alle de 15 skissene ble utført på Skrubben.⁸ De største skissene ble, sannsynligvis på grunn av størrelsene, malt i utendørsatelieret. Munch spente antageligvis ikke opp noen av de 15 skissene på blindrammer. Derfor kan han også ha spikret skissene med mindre format til utendørsatelierveggene. Eksterne påvirkninger som høy relativ luftfuktighet (RF), ustabil RF og luftforurensning er noen faktorer som kan ha påvirket utviklingen av overflatefenomenene. Oppgaven vil drøfte hvilke nedbrytende komponenter som kan ha vært tilgjengelige for Munchs skisser rundt tidlig 1900-tall. Det vil også drøftes om det finnes tegn som tyder på at skissene for eksempel var oppbevart utendørs eller under andre ugunstige klimatiske forhold.

Den andre delen av oppgaven omhandler fargelagenes tilstand og videre kjemiske reaksjoner, i forhold til overflatekrystallene. Skissene ble utført med matte og porøse tegne- og malemedier, og er i dag i dårlig tilstand med ustabile fargelag. I hvilken grad bidrar eller har overflatefenomenene forårsaket tilstanden til materialene i skissene?

I forbindelse med at tre av de 15 skissene ble stilt ut i 2011, ble de behandlet (*Geografi, Historien I og Forskerne II*).⁹ Hovedprioriteten var å stabilisere de ustabile fargelagene. De hvite krystallene ble løst opp ved at det ble påført små mengder vann med en

⁸ Munch flyttet fra Skrubben i 1911, da han ikke fikk kjøpe eiendommen og kjøpte i stedet Nedre Ramme Gård i Hvidsten. Imidlertid fortsatte han å leie Skrubben til 1915 og brukte begge stedene, helt til han begynte å leie Grimsrød Gård på Jeløy fra mars 1913, der fortsatte han også å male aulaskisser, til han kjøpte Ekely i 1915.

⁹ Skissene ble behandlet til utstillingen *Munchs Laboratorium: veien til Aulaen*. Den ble vist i Munch-museet fra 4.9.2011-8.1.2012.

aerosolgenerator. Behandlingsmetoden eliminerte krystallene visuelt ved å løse dem opp, men fjernet dem ikke fysisk. Det ble ikke observert hvite overflatekrystaller på skissene tre år etter behandlingen, men mange løselige salter er kjent som svært kjemisk reaktive. Et sentralt spørsmål er derfor om disse vil re-krystallisere, hydrere eller dehydrere. For å kunne svare på det er det nødvendig med kunnskap om salters ulike reaksjoner under gitte relative fuktighetsforhold og temperaturer. Denne kunnskapen kan danne et viktig grunnlag for utarbeidelser av preventive tiltak for videre bevaring av alle de 15 skissene. Det er også ønsket at oppnådd kunnskap om originalmaterialene og overflatefenomenenes natur, kan bidra til å utarbeide senere behandlingsforslag.

1.3 Avgrensninger

Aulaskissenes tematikk eller kunsthistoriske kontekst blir ikke behandlet i denne oppgaven. Under de siste ti-årene har disse temaene blitt behandlet i flere publikasjoner (Woll 1993; Flaatten 2009; Pettersen 2008; Sandbakken og Tveit 2012). Historien til maleriene i Universitetets aula er også godt dokumentert (Berman 1989; Woll 1993; Frøysaker 2007; Berman 2011; Pettersen 2011; Ydstie 2011). I noen av de siste referansene er også aulaskissene nevnt.

Det er flere begrensninger knyttet til denne oppgaven grunnet omfanget av skisser med hvite overflatefenomener, størrelsene knyttet til begrenset plassmangel, økonomi og tidsperspektiv. En av disse begrensningene gjelder omfanget av antall dokumenterte skisser, når det gjelder fotoanalytiske eller andre undersøkelses- og analysemetoder. De som ble dokumentert systematisk ble valgt fordi de representerer de fleste variasjonene i tilstand, originale materialer, tidligere behandling og utseende og omfang av hvite overflatefenomener.

Munchs ønske om å oppnå matte overflater i aulaskissene er også dokumentert og diskutert i tidligere publikasjoner (Ferrer *et al.* 2009; Tveit 2011; Sandbakken og Tveit 2011; Sandbakken og Tveit 2012). Det er særlig Munchs eksperimentering for å oppnå dette og konsekvensene det har fått som har blitt diskutert (*ibid*). De ulike gradene av porøsitet har også blitt sett i sammenheng med tilstander og behandlingsproblematikk i flere av publikasjonene (Ferrer *et al.* 2009; Sandbakken og Tveit 2012). Disse temaene er viktige i vurderingen av nedbrytningen i fargelag og i utvikling av tilpassede behandlingsmetoder. Munchs eksperimentering med ulike materialer gjør at det generelt er komplisert å bestemme

hva som er nedbrytning og hva som var Munchs originale intensjon. Noen av disse faktorene vil bli nevnt i denne oppgaven, men ikke omfattende diskutert på grunn av den tidligere forskningen som foreligger.

Underveis i arbeidet med å skrive denne oppgaven, ble det funnet mange interessante problemstillinger. Flere av dem blir ikke behandlet på grunn av begrensede kjemi- og fysikkunnskaper. Det har for eksempel vært nødvendig å sette seg inn i og forstå betydningen av grunnprinsippene om saltenes fuktighetsekvilibrium og deres hydreringsstadier. En grundigere forklaring av salters krystallografi er utenfor rammene for dette prosjektet. Forskning på dette området er i stor grad knyttet til kjemi- og fysikkfagene og bygningsbevaringen.

Fremprovosering av hvite overflatefenomener på aldrede malingslag kunne ha gitt en bedre forståelse av for eksempel løselige salters utvikling. En fremprovosering av salter måtte ha vært tilpasset fargenes porøsitet, de ulike pigmentene og i forhold til ulike bindemidler i malingsfilm. Forskning på saltkrystallisering knyttet til maling ikke er enkelt (Bell 1990: 56). Dette er fordi tidligere forskning innen malingsindustrien viser at prosessen kan være inkonsistent (ibid).¹⁰ Det har likevel blitt utført delvis vellykkede fremprovoseringsforsøk av magnesiumsulfider i oljemalingsfilmer (Silvester *et al.* 2014: 35). Tidsrammen for forberedelser og ulike aldringer av prøvene strakk seg over flere år (ibid).¹¹ Kunstig aldrede malingsfilmer som var utført i forbindelse med et annet masterprosjekt ved museet ble undersøkt.¹² De aldrede malingsfilmene hadde ulik porøsitet og de ble utsatt for høy luftfuktighet og temperatur i en solsimulator i seks døgn.¹³ Malingsfilmene hadde ikke synlige overflatefenomen etter kunstig aldring, ei heller etter tre års oppbevaring i et kontrollert museumsklima (55+/- 5, ca. 20 °C). Kunstige aldringstester ble ikke utført i dette prosjektet på grunn av usikkerheten rundt resultatet, begrenset tidsperspektiv og kostnadene.

Skissenes oppspenningskanter ble dekket med papirtape under oppspenningsprosessen som foregikk mellom 1948-1966 (Langaard 1951). På et senere tidspunkt ble det også spikret inn

¹⁰ Bell mente problemet særlig var relatert til forskning på fremprovosering av saltkrystaller i nåleformet sinkoksid.

¹¹ I forsøkene til Silvester *et al.* ønsket de egentlig å fremprovosere magnesiumsulfat (Silvester *et al.* 2014: 35).

¹² Se Tveit, E. (2011).

¹³ 16 bomulls testlerreter ble påført 2mm tykk tubemaling (olje) i tre felter (sink oksid og ultramarin). Et felt med tubemaling tilsatt kritt, et felt med tubemaling tynnet med terpentin og et felt med ren tubemaling. Testlappene ble usatt for konstant 50°C og 80 % RF i en Atlas solsimulator i 6 døgn (SINTEF Byggforsk).

enkle rammelister gjennom lerretene og inn i blinddrammene (Thurmann-Moe 2008: [intervju]) (vedlegg 15, s. 185). Fibertråder under papirtapen er kontaminert av limet fra papiret. Derfor har det ikke vært mulig å ta fiberprøver fra kantene for å prøve å påvise en eventuell limdrenking, eller annen påført behandling av lerretene. Enkelte fibertråder ble imidlertid tatt ut fra hullområder og fra baksiden i to skisser, for å få informasjon om fibertype og pH.

2. Hvite overflatefenomener

Forskningen på hvite overflatefenomener er spredt over et stort område fra overflatefenomener på sjokolade (Lonchamp 2006) og druer (Chambers & Possingham 1963) på porøse bygningskonstruksjoner (Arnold & Zehnder 1991) til maleri (van Loon, Noble & Boon 2011) og skulptur (Pearlstein 1993). Særlig de to siste decenniene har det blitt forsket på overflatefenomener innen maleri. Forskningen har for en stor del vært relatert til kjemiske reaksjoner i oljemalingsfilm som har ført til hvite overflatekrystaller i form av frie fettsyrer og metallsåper (van Loon 2011; Boon 2006; Keune 2005). Ettersom ingen av de 15 skissene er malt i tradisjonell teknikk i olje og fordi mange antageligvis har vært utsatt for ekstreme værforhold, ble det bestemt å favne vidt i litteratursøket. Det har bevisst blitt søkt etter case-studier fra flere fagområder. Årsaksforklaringer, analysemetoder og resultater var av interesse. Eventuelle beskrivelser av utført behandling forbundet med problemet, uavhengig av materialer, var også ønskelig å få en oversikt over.

2.1 Terminologi

Det er brukt en mengde ulike navn på hvite overflatefenomener, særlig innen malerikonserveringslitteraturen. I 2000 skriver Ari Tanhuapää at terminologien er uklar (Tanhuapää 2000: 183). Fra midten av 1800-tallet ble termen *chill* brukt for å beskrive hvite krystaller på malerier, som var et utbredt fenomen i Nasjonal Galleriet i London (Brommelle 1956a). I litteratur fra 1940-tallet frem til ca. 2000 florerte mange termer som for en stor del var generelle¹⁴, men også noen termer som enten beskrev utseende¹⁵ på fenomenet eller hva de bestod av¹⁶. Noen termer beskrev også fysiske aspekter ved fenomenene.¹⁷ Innen malerikonservering ble *bloom* og *blanching* for en stor del anvendt, særlig i litteratur fra før 2000. Noen forfattere har forsøkt å forklare kort hva de ulike termene betyr og hva slags fenomen de beskriver (van Loon 2005).

¹⁴ Med generelle menes her at termene ikke utelukkende er brukt innen konservering. For eksempel *efflorescence*.

¹⁵ For eksempel *hazing*, *white casts*, *clouding*, *white crusts*, *accretions*

¹⁶ For eksempel fettsyrer, karboksylsåper og metallsåper

¹⁷ For eksempel *exudations*, fra verbet *to excude*, som oversatt til norsk kan bety å felle ut. Termer som *precipitations*, *chalking*, *syneris bloom*, *ultramarine sickness*, *crazing*, *exudations* har også blitt brukt.

I noe av litteraturen fra 1940-2000 beskrives det imidlertid ofte hva de hvite overflatefenomenene består av, også basert på analyser. Uklarhet eller en manglende presisjon relatert til terminologi var kanskje en av grunnene til at Annelies van Loon og Jaap J. Boon unngikk å benytte noen av de generelle termene i sin artikkel *The Whitening of Oil Paint Films Containing Bone Black* (van Loon og Boon 2005). I artikkelen blir uttrykk som *whitening of the paint* og *white alteration product* brukt gjennomgående (ibid). Imidlertid har termer som *accretions* og *crusts* blitt brukt av flere forfattere også i det siste decenniet (van Loon, Noble, Boon 2011; Boon og Ferreira 2006). *Bloom* og *blanching* forekommer i liten grad, men *white haze* har også blitt brukt av for eksempel van Loon (Van Loon 2011).

Det meste av konserveringslitteraturen som ble benyttet til denne oppgaven er skrevet på engelsk. Deler av terminologien innenfor hvite overflatefenomener har ikke norske oversettelser som er etablerte innenfor malerikonservering (vedlegg 3, s. 139). Dermed blir det en utfordring å klassifisere og begrunne terminologien. I denne teksten vil de respektive forfatternes valg av engelske termer bli brukt når det refereres til deres tekster. For fenomener det finnes klare norske oversettelser for vil disse bli brukt. Betegnelsen hvite overflatefenomener, overflatekrystaller eller hvite krystaller vil bli brukt når det refereres generelt og til Munchs skisser.

2.2 Ulike hvite overflatefenomen: en kort oversikt

Under overflaten på malerier eller andre gjenstander foregår det kjemiske prosesser og endringer. Under rette forhold kan flyktige bestanddeler emigrere til overflatene ved hjelp av mange ulike faktorer og komponenter (van Loon 2005: 120-121). Følgende tekst gir en kort innføring i noen av de mest vanlige hvite overflatefenomenene som det er forsket på. To fenomener som også er karakterisert som hvite overflatefenomener, men som i større grad er relatert til reaksjoner med eksterne faktorer er også tatt med. Når informasjon angående løselighet er oppgitt er det referert til løselighet i vann (hydrering) dersom ikke annet er nevnt.

Frie fettsyrer

Frie fettsyrer¹⁸ kan migrere til overflaten fra innsiden av strukturen til en oljemalingsfilm, en grundering eller for eksempel fra en voksbelagt skulptur eller fra en sjokolade. Frie fettsyrekrystaller kan utvikles i alle medier som har en potensiell kilde til frie fettsyrer. For eksempel alkydmaling, egg tempera og oljefargestifter (Rimer 19.3.2010, personlig kommunikasjon). Triglyserider kan frigjøres over tid av blant annet hydrolyse¹⁹, lav pH og fuktighet (Schilling 1999). De frie fettsyrene er organiske forbindelser og fremtrer som hvite belegg eller krystaller på ulike overflater når fettsyrene har krystallisert (Rimer 15.9.2009: personlig kommunikasjon).²⁰ Fettsyrer funnet på malerier er ofte rapportert som mettede fettsyrer²¹ i form av palmitin- og stearatsyre (van Loon 2008: 121). Umettede fettsyrer²² som oljesyre- og linolsyre har også blitt funnet (Kokkori 1997; Singer *et al.* 1995; Burnstock *et al.* 1993; Koller *et al.* 1990). Azelainsyre er også rapportert (van Loon 2011: 2)

Metallsåper

Metallsåper er salter, mange av dem er uløselige i vann (Tumosa og Meckelenburgh 2005: 41; Mills og White 1987: 38), men er løselige i organiske løsemidler. Dannelse av metallsåper starter med utskillelse av frie fettsyrer. Disse kan deretter binde seg til metallioner fra pigmenter i en oljemaling eller en grundering. Metallsåper i malerier er særlig rapportert med referanse til blyhvitt og sinkoksid (Plahter 1999; Boon 2006: 21; Frøysaker *et al.* 2011). Saponifisering er en alkalisk hydrolyse (Chemistry.com), reaksjonen skjer når alkalisk metall reagerer med fettsyrene og går over til å bli metallkarboksylater (Keune *et al.* 2007: 627). For eksempel blysåper og sinksåper er uorganiske forbindelser (Corbeil 2001: 52), men med organisk innhold (Keune 2005). Videre reaksjoner med atmosfæriske gasser eller andre bestanddeler i malingen kan foregå etter migrasjon til overflaten, og nye mineralfaser kan oppstå (van Loon *et al.* 2011: 1).

¹⁸ Innhold av frie fettsyrer i modne frø brukt til oljeproduksjon kan være høyt (Pedersen 2010: 6).

¹⁹ Hydrolyse er en kjemisk reaksjon der en forbindelse spaltes under reaksjon med eller ved opptak av vann (snl.no). Hydrolyse av fett kan også foregå enzymatisk (Pedersen 2010: 10). RF og temperatur er viktige faktorer som påvirker hydrolyse av triglyserid molekyler til å frigi flere fettsyrer slik at de kan emigrere til en overflate (Rimer 19.3.2010: personlig kommunikasjon).

²⁰ Fettsyresåper kan også tilføres, som for eksempel sinkstearat, under malingsproduksjonen for å tilpasse visse pigmenter til oljebindemiddel (Ordonez og Twilley 1998: 3).

²¹ Mettede fettsyrer har ikke doble bindinger (Pedersen 2010: 6).

²² Umettede fettsyrer kan enten være enumettende (en dobbel binding) eller flerumettete (to eller flere doble bindinger) (Pedersen 2010: 6).

Metalloksalater

Metalloksalater er uløselige saltforbindelser. Oksalater er salt av oksalsyre og finnes i en rekke organismer, som for eksempel i menneskekroppen og i flere planter. Ulike metallioner fra for eksempel pigmenter, kan reagere med oksalsyre, og kan forme uløselige oksalatforbindelser (Monico *et al.* 2013: 271). Pigmenter som blyhvitt, azuritt, kadmium og sink er nevnt som disponible for fenomenet (Frøysaker 2011; Monico *et al.* 2013). Oksalater kan også oppstå i forbindelse med nedbrytning av innhold i ulike bindemidler, både protein, polysakkarid og lipidbaserte bindemidler (Spring og Higgitt 2006: 271). Oksalater er ofte sett som gråaktig patina (Spring og Higgitt 2006: 226). Forbindelsen kalsiumoksalat er også nevnt som mest vanlig å finne på utendørs marmor og alabast, ofte i sammenheng med blant annet muggangrep, luftforurensning og tidligere behandling (Spring og Higgitt 2006: 226; Monico *et al.* 2013: 271).

Saltutfellinger

Løselige uorganiske saltutfellinger²³ (løselige i vann) er for det meste forbundet med porøse bygningsmaterialer, keramikk, bergkunst og andre veggmalier, men er også funnet på noen malier på lerret og på papir. Prinsippene ved en saltutfellingsprosess er enkelt beskrevet og tatt fra bygningsbevaringen: Porene i for eksempel stein og murstein inneholder vann og oppløselige salter (Hong, Ridley og Oreszcyn 2003: 516). Når en fuktig fasadeoverflate tørker og det oppstår fordampning, kan salter krystallisere seg i løsning og migrere til overflaten (ibid.). Dette skjer etter gjentatte klimasykluser (Derluyn 2012; Linnow 2007). Hvilke salter og deres grad av hygroskopisitet og grad av porøsitet til materialet det feller ut fra, i tillegg til klimatiske forhold, er viktige påvirkende faktorer. De bestemmer intensitet, aktivitet og grad av ødeleggelse saltutfellingene kan skape (www.getty.edu).

Ultramarine sickness

Ultramarine sickness har blitt forklart som en reaksjon som kan oppstå når ultramarint pigment kommer i kontakt med syrer, for eksempel fra luftforurensing (Wyld *et al.* 1980: 61).

Ultramarin er en kompleks blanding som blant annet inneholder svovel og aluminiumsilikat (Van Loon 2008: 81). Svovel i pigmentmolekylene kan utvikle hydrogensulfidgass og da svekkes den blå fargen som en kjemisk reaksjon, og pigmentet blir gulgrått eller hvitt (Boissonnannas 1977: 42; Wyld *et al.* 1980). Det finnes imidlertid en annen reaksjon som har lik optisk virkning, men skjer når de ultramarine partiklene ikke egentlig mister sin blå farge

²³ Innen bygningsbevaring blir begrepet soluble salts brukt som samlebetegnelse for de salter som

(van Loon *et al.* 2011: 122). Det skjer når det oppstår mikrosprekker i overflaten og lyset ikke reflekterer den blå fargen som før, grunnet fysisk nedbryting av bindemiddelet i malingen (ibid).

Kritting

Noen pigmenter kan påvirke polymerers stabilitet overfor UV-stråling (Withmore og Bailie 1990: 144). Kritting er antakeligvis det mest synlige av ødeleggende pigmentpåvirkninger (Berg, Berg og Boon 1999: 250). Kritting kan oppstå ved at pigmenter som blyhvitt og litopon kan påskynde fotokjemiske nedbrytningsprosesser i bindemidler (ibid). Pigmentene blir aktivert i bølgelengder mellom 290 og 350 nm (ibid). Under nedbrytningsprosessen vil det blant annet bli produsert karboksylsyre og andre nedbrytningsprodukter. Disse vil kunne bryte ned metallkarboksylsyrer som allerede finnes i oljemalingen. En konsekvens kan være at bindemiddelet vil miste sin bindingskapasitet og kritting kan oppstå, pigmentene er da løse (ibid).

2.3 Saltutfellinger på ulike materialgrupper

I dette delkapittelet vil det i hovedsak refereres til litteratur om saltutfellinger på ulike materialer, for en stor del fra case-studier. Etter hvert i dette masterprosjektet ble det løselig salter som hadde flest fellestrekk med fenomenene i Munchs skisser. Fettsyreutfellinger i tegnedier vil imidlertid også behandles her fordi store deler av skissene er utført med fargestifter. Referanser fra andre overflatefenomener som omhandler fettsyrer og metallsåper som er funnet i malerier og andre materialer er behandlet i vedlegg 14, s. 181.

Saltutfellinger i bygninger, bergkunst og veggmalerier

I mange artikler som omhandler konservering av historiske bygninger har det blitt konstatert at oppløselige salter er hovedårsaken til nedbrytning av porøst bygningsmaterieell, både utendørs og innendørs (Price og Brimblecombe 1994; Dei et al. 1999; De Clercq 2008; Franke & Deckelmann 2008; Siedel 2000; Rijners 2004; Leo, Sawdy & Voronina 2010; Espinosa 2008).

I et tysk-kinesisk prosjekt ble samsvaret mellom relativ luftfuktighet og saltutfelling i tempelgrotten Dafosi (628 AD) i Kina undersøkt (Ling et al. 1997). Prosjektgruppen

observerte at distribusjon av saltutfelling samsvarte med i hvor stor grad bygningsmassen i sandstein var nedbrutt (ibid: 325).

Nedbrytning av ulike typer bygningsmateriell som stein, murstein og betong har vært omhandlet hyppig i litteraturen. Carlos Rodrigues-Navarro, Eric Doehne og Eduardo Sebastian hevdet i 2000 at mekanismen som fører til saltutfellinger i stein og betong ikke er fullt ut forstått (Rodrigues-Navarro, Doehne og Sebastian 2000: 1527). Lourens Albert Rijniers hevdet i 2004 at selv om forskningen de siste femti årene har fremstilt flere beskrivende modeller for ulike krystalliseringsmekanismer, manglet det en komplett modell (Rijniers 2004: 8).

I restaureringstiltak har bruk av Portlandsement²⁴ og rensing med ulike kjemikalier blitt nevnt som to utløsende faktorer for saltutfellinger i bygningsmasser. Noen av de nevnte tiltakene førte til at krystalliseringen ble stengt inne. I følge Cathrine Wolfitt er innestengt saltkrystallisering (*cryptoefflorescence*²⁵) erkjent som den største nedbrytningsfaren (Wolfitt 2000: 3). Krystalliseringen foregår da i porene under fasadeoverflaten (Derluyn 2012: 4). De fine porene spekker etter hvert opp fordi de ikke kan tåle presset fra en voksende mengde saltkrystaller (ibid: 1).

Australia har aboriginal bergkunst over hele kontinentet (Walston og Dolanski 1976: 1). Mesteparten av denne bergkunsten befinner seg utendørs eksponert for vær og vind, i motsetning til europeisk bergkunst, som hovedsakelig befinner seg i huler (Watchman 1990: 20; Norsted 2008). Australsk bergkunst finnes på mange ulike steinarter; sandstein, kvarts, kalkstein, arkose og granitt. I flere av disse oppstår det saltutfellinger i det ustabile utendørsmiljøet. Analyserte salter har vist seg å bestå av ulike typer mineralsalter, imidlertid var gips ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) og polyhalite ($\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) hovedsaltene som ble identifisert (Watchman 1987: 1).

Bergkunst i huler kan også bli utsatt for vann og høy luftfuktighet. Terje Norsted skriver at saltutfellinger er karakteristiske trekk ved alle norske huler som har malerier (Norsted 2008:

²⁴ Opprinnelig var Portlandsement laget av stein fra Portland i England og hadde egne kvaliteter. I dag virker det som alle typer sement blir kalt Portland sement.

²⁵ Også kalt *subflorescence* (Espinosa *et al.* 2008; Derluyn 2012: 1).

26). I brenningsgrotten²⁶ Fingalshula i Nord Trøndelag skyldes utfellingene kondens og infiltrasjonsvann som danner kjemiske bindinger med lettere løselige bergmineraler (Norsted 2008: 26). Norsted har delt inn de kalkrike utfellingene i hula i utblomstrende og sintrede former (Norsted 2008: 12).²⁷ Han beskriver deler av utfellingene som nye hvite utblomstringer langs bergsprekker, andre som «gamle» gulhvite utfellinger med varierende tykkelser (ibid: 29). Når tykkelsen overgår 5 mm får utfellingene et knudrete blomkålsaktig utseende. Han beskriver også at krystallene kan spre seg og danne skorpelignende tekstur (ibid:26).

Heiner Siedel og Werner Klemm rapporterte i 2000 at isotop målinger viste at saltutfellinger på historiske bygningsmasser i Dresden delvis kunne tilskrives tidligere sulfatbasert forurensning²⁸ (Siedel & Klemm 2000: 401). Under en delvis rekonstruksjon av en bygning ble det påvist sulfatbaserte saltutfellinger i gammel sandstein (1726-1738), både i overflaten og inni steinen. I ny sandstein ble det kun påvist karbonatbaserte forbindelser i overflaten (ibid 406). Under arbeidet var bygningen dekket av et tak, det kan bety at gammel sandstein tidligere har vært påvirket av direkte sulfatbasert forurensning i form av nedbør. Den nyere steinen har kun blitt utsatt for eventuell luftforurensning. Det har blitt hevdet at atmosfæren har liten korroderende effekt på stein uten tilgang på vann (Merello, Garcia-Diego & Zarzo 2013: 1). Elena Charola skriver at det tilstedeværende vannet eller fuktigheten i stein er en viktig faktor når det gjelder nedbrytning, og er like viktig som hvilken type salt og steinens tekstur og porøsitet (Charola 2000: 337).

Som Norsted påviste kan de rette klimatiske forhold innendørs, påvirke løselige salter fra stein og mur som kan være aktive og påvirke veggmalierier. Andrea Arnold og Konrad Zehnder skrev at det var ni kjente klasser av løselige salter som finnes i bygningsmaterialer: karbonater, nitrater, natrium, sulfater, magnesium, ammonium, kalium, klorider og kaliumoksalater (Arnold & Zehnder 1991: 103).²⁹ Dersom de løselige saltene er kjent kan det si noe om saltenes opprinnelse i bygningsstrukturen. For eksempel kan ettringitt (sulfatgruppe) $(\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O})$ eller thaumasitt (Sulfatgruppe)

²⁶ Eb brenningsgrotte er formet av havet som har brutt ned steinen som til slutt har dannet en hule (Norsted 2008: 12). Hulemalieriene i grotta er datert til tidlig bronsealder (Norsted 2008: 1).

²⁷ Sintrede former er fintfordelt masse som vokser sammen til kaker (www.bergverkshistorie.no).

²⁸ Den sulfatbaserte forurensningen skal for en stor del ha vært grunnet lignittbrenning (Siedel & Klemm 2000: 407).

²⁹ Andre salter kan også finnes, særlig dersom vegg eller veggmalierier har gjennomgått behandling (Arnold & Zehnder 1991: 104).

$(\text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O})$ (ibid) indikere at de stammer fra sekundære materialer som Portlandsement eller sekundær betong. I den østlige delen av Sveits er magnesiumsulfat hovedkomponenten i saltutfellinger som er funnet på overflaten på vegger og veggmalier. Det er fordi mørtel brukt i disse områdene for det meste består av dolomittkalk. Kalken kan reagere med det store sulfatinnholdet som sandsteinen fra samme området inneholder.³⁰

I forbindelse med saltsystemer forbundet med veggmalier skriver Arnold & Zehnder at virkelige (ikke teoretiske) saltsystemer består av mange oppløselige stoffer og at under fordampning reagerer de ulike stoffene etter hvor løselige de er (Arnold & Zehnder 1987: 111). Stoffene migrer lenger opp i stratigrafien jo mer løselige de er (ibid). På denne måten kunne de finne ut hvor i stratigrafien for eksempel karbonatene og sulfatene gjør mest skade og hvor klorider og nitrater bryter ned bygningsmassen (Ibid).

Mange forfattere skriver om viktigheten av å kjenne saltenes fuktighetsekvilibrium (Arnold og Zehnder 1987; Paterakis 1999; Linnow 2007 og Derluyn 2012). Alice B. Paterakis skriver at alle salter er karakterisert av et fuktighetsekvilibrium (eqRH), uavhengig om de er enkeltsalter eller saltblandinger (Paterakis 1999: 801).

Arnold og Zehnder presenterte en tabell med eqRH til noen av saltene som er vanlig å finne på veggmalier (Arnold og Zehnder 1987). For eksempel viser tabellen at magnesiumsulfat, epsomitt, $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ hadde et eqRH ved 20 °C på 90,1 % RF. Den relative luftfuktigheten sier noen om saltene kan krystallisere seg eller ikke. Arnold og Zehnder skrev imidlertid at dette er komplekse systemer og ikke alltid mulig å overføre direkte, men må ses på som indikasjoner (ibid: 115).

Magnesiumsulfat, kalsiumsulfat og kalsiumkarbonat ble funnet på ca. 85 år gamle veggmalier i Canada (Baker 2012). De 15 veggmalierne var utført i en blanding av secco og buon freskoteknikk. Noen områder hadde overmalinger utført i olje fra tidlig 1930 -tallet.³¹ Overmalingene ble antageligvis utført fordi noen områder var blitt utydelige. Disse områdene kan ha blitt dekket av de hvite utfellingene (Baker 2012). Under Bakers undersøkelser ble det

³⁰ Sandstein fra det østlige Sveits skal etter målinger ha vist seg å inneholde 30 ganger så mye sulfat som det årlige innholdet i atmosfæren. Ca. 10 cm tykke blokker med sandstein inneholdt 30-300 gram løselig sulfat, årlig innhold i luften var 3-10 gram/cm₂ (Arnold og Zehnder 1983).

³¹ Overmalingene var utført fordi deler av veggmalierne begynte å bli utydelige (Baker 2012).

observert at saltutfellingene hovedsakelig var lokalisert der vann og fuktighet har enklest passasje gjennom stratigrafien. Dette gjaldt områdene som var utført i buon fresco. Saltene som var synlige på overflaten, var også inkorporert i malingsstrukturen. Dette hadde etter hvert forårsaket svekket vedheft mellom fargelagene og underlaget og hadde ført til tap av maling. I andre områder, som ikke var like vannløselige (secco teknikk) eller overmalt med olje, var det ikke synlige salter i overflaten. Imidlertid tilsa tilstanden at salter under fargelagene presset på overflaten og forårsaket store avskallinger (Baker 2012). Saltene har antageligvis sin opprinnelse fra de underliggende lagene med murpuss (ibid).

Baker skriver at alle de tre påviste saltene har mange hydreringsstadier og er ekstremt hygroskopiske, men presiserer at magnesiumsulfat er det mest kjemisk aktive av de tre saltene (Baker 2012). Relativ luftfuktighet bestemmer hydreringsstadiene, og jo høyere hydreringsstadium jo større vil krystallene være (Ibid).

Utendørsmateriale i et fuktig miljø kan også være utsatt for ekstern saltakkumulering. Allerede i antikkens Egypt skal Herodotus (484 f.kr. 425 f.kr) hatt kjennskap til saltutfellinger fra bakken som han mente skadet pyramidene.³² Også i dag er ekstern saltakkumulering på arkeologisk egyptisk kalkstein en viktig nedbrytningsfaktor (El-Gohary 2011: 17). Et annet eksempel er marin sjøluft som inneholder både Na, Mg, Ca, Cl og sulfationer som kan danne ulike typer salter på porøse overflater (Franzini et al. 1997). Saltakkumuleringer i form av blant annet natriumklorid oppstår for eksempel på fasaden av det skjeve tårn i Pisa. Dette er forårsaket av sjøsprøyt fra det Tyrrenske Hav (Franzini *et al.* 1997: 1).

Utført behandling

Flere forfattere nevner eller beskriver kort om hvordan saltkrystaller i veggmalier har blitt fjernet ved hjelp av å trekke saltene ut av veggene eller fjerne overflatesaltene (Leo *et al.* 2010; Baker 2012). Leo, Sawdy og Veronina nevner bruk av omslag som en metode, altså at et vått omslag blir lagt over et område over en viss tid før det blir fjernet (Leo *et al.* 2010: 63). De erkjenner imidlertid at dette ikke nødvendigvis alltid er en effektiv behandling og mener det er viktig å forstå prinsippene med omslag og tilpasse ulike omslagssystemer (ibid).

³² Fra Herodotus historiebok 2, gjengitt hos Rijniers (2004).

En mild konsolidering av de mest sårbare områdene ble utført før fjerning av saltene i veggmaleriene i Canada (Baker 2012). Disse områdene ble konsolidert med Aquazol® 50, 5 % i vann påført med et aerosol system (nebuliser) (Baker 2012). Andre ustabile områder ble konsolidert etter at saltene var fjernet. Saltene ble fjernet fra overflaten ved hjelp av tørt «L» tissue papir (liknende Eltoline papir) som ble lagt over et område av maleriene. Dette ble fuktet med destillert vann påført med pensel. Etter at papiret hadde tørket opp, ble det «skrellet» av. I følge Baker, fjernet metoden saltene i overflaten (ibid).

Hvite overflatefenomener på tegnemedier på papir

Margareth Ellis og Brigitte Yeh har skjematisk fremstilt seks tegnemedier i forhold til kjente tilstandsproblemer for disse (Ellis & Yeh 1998: 50,51). De skriver at *efflorescence* og *waxy bloom* er kjente tilstandsfenomener i alle de seks mediene. De har blant annet nevnt *wax cryon* og oljepastell (ibid). De beskriver *efflorescence* og *waxy bloom* som *hazy* ujevne flekker med hvite krystaller i overflatene og at det skyldes migrasjon av frie fettsyrer fra bindemiddelet (ibid:53).

Ann Baldwin, papirkonservator ved Metropolitan Museum i New York hadde undersøkt alunbehandlede papirverk som er malt med kaseinfarger (Baldwin 2011: personlig kommunikasjon). Verkene hadde vært oppbevart i kjelleren av museet i årevis.³³ Noen av dem var i god stand, men andre hadde det hun kalte hvite saltutfellinger som hadde «sprengt» seg gjennom fargelagene til overflatene. Deres kjemiker hadde funnet sink (Zn), svovel (S), kalium (K) og nitrogen (N) i saltene. Forbindelsene ble tolket til å være sinksulfat og ammoniumkarbonat. Den teoretiske forklaringen var at det hadde oppstått en reaksjon mellom kalium og svovel fra alun i papiret, og ammonium (NH₄) og karbontrioksid (CO₃) fra ammonium-karbonat som ble tilsatt kaseinpulver (ibid). Sinkhvitt var brukt som pigment i noen områder av verkene. Baldwin forsøkte å finne behandlingsmuligheter, for å fjerne saltene (Baldwin 2011: personlig kommunikasjon).

³³ Måten Baldwin referer til kjelleren og mente at noen verk hadde klart seg bra etter denne lagringen, mens andre ikke hadde det, hentyder at Baldwin ikke snakker om museets magasin, men en kjeller som ikke har vært klimaregulert.

Behandling

Jane Colbourne er papirkonservator ved Burt Hall, Northumbria Universitet. Hun har forklart hvordan hun har behandlet hvite løselige overflatekrystaller fra kunst på papir. Hun fraråder å konsolidere ustabile fargelag før fjerning av overflatefenomenene. Metoden gikk først ut på og løse opp overflatematerialet med destillert vann påført med en aerosol generator. Deretter ble eventuelle ustabile fargelag konsolidert (Colbourne 2010: personlig kommunikasjon).³⁴

Hvite krystaller på maleri, lerret og på papir

Brommelle publiserte to artikler i 1956; *Material for a History of Conservation* (Brommelle 1956a) og *Bloom in Varnished Paintings* (Brommelle 1956b). Begge artiklene har som hovedreferanse et 1100 siders saksdokument fra to møter; ett i 1850 og ett i 1853.

Bakgrunnen for møtene var en øket skepsis til forvaltningen av samlingen i Nasjonalgalleriet i London, noe som førte til en av konserveringshistoriens viktigste rensedebatter.

I dokumentene skal hvite overflatefenomener ha blitt gitt relativt mye oppmerksomhet og det gis et inntrykk av at det var et utbredt fenomen (Brommelle 1956 a og b). Følgende årsaksforklaring var gjeldene: ammoniumsulfat både fra lokal husholdning og en industriell atmosfære la seg på malerienes fernisserte overflater. Krystaller ble formet som en reaksjon på et fuktig og ustabilt klima i museet, hvor det på den tiden skal ha blitt luftet med åpne vinduer (Brommelle 1956a: 177-181). Ammonium og svoveloksider i luften ble tilskrevet bruk av fossilt brensel, som Londons kullfyring (Ibid: 181). 1800-tallsforklaringen ble styrket tidlig på 1950 tallet ved utførte elektron mikroskopianalyser (Brommelle 1956b: 263). Den samme årsaksforklaringen skal ha vært akseptert også i 1988 (Williams 1988: 71). Scott Williams skiver imidlertid at den ikke var gjeldende for alle typer hvite overflatefenomener, som han gir samlebetegnelsen *bloom* (ibid).

I noen tilfeller er det rapportert om hvite overflatefenomener bestående av uorganiske løselige salter på malerier. Masako Koyano analyserte japanske oljemalerier malt mellom 1930 og 1940. Maleriene ble undersøkt og analysert ved Art Conservation Laboratory i Tokyo (Koyano 1987). Koyano observerte krystaller både på overflatene og i malingslagene på de

³⁴ Undertegnede har ikke funnet artikler eller rapporter som omhandler behandling av utfelling på papir. Hverken Jane Colbourne eller papirkonservatorer ved Munch-museet kunne henvise meg til litteratur om emnet (privat kommunikasjon med Magdalen Godsimirska & Gry Landro 2009).

fire maleriene. Krystaller fra noen av maleriene var vannoppløselige, men ikke løselige i det Koyano kaller *resinous solvents* (lavpolare hydrokarbon/harpiksholdige løsemidler) (Ibid: 59).

I følge Koyano, ble det hvite overflatematerialet fra maleriene identifisert som sinksulfat (ZnSO_4), sinksulfathydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) og sinksulfat heptahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Overflatematerialet ble analysert med XRD.³⁵ I 1987 var det bare 100 år siden oljemaleriet ble introdusert til Japan. Koyano mener mange malerier har blitt “offer” for Japans fuktige klima. I august måned har Tokyo en gjennomsnittstemperatur på 27 °C og en gjennomsnittlig relativ luftfuktighet på 77 %. (ibid: 59). Koyano mener sinksulfat hydrat har blitt formet av sulfationer fra grunderingene eller malingslagene, under eksponering for høy relativ luftfuktighet (Ibid: 64).

Malerier på papir

I en artikkel fra 1990 beskriver John Slavin og Victoria Todd konservering av dekorative interiørdekorasjoner (1779) i et herskapshus i Wyatt, England (Slavin & Todd 1990).

Dekorasjonene var malt i olje på papir. I følge Slavin var dekorasjonene dekket av et tykt lag salter. Prøver av saltene ble analysert med X-ray Diffraksjon spektrometer (XRD). Flere ulike typer salter ble identifisert; kalsiumsulfat (CaSO_4), blysulfat (PbSO_4) og kalsiumkarbonat (CaCO_3) (Ibid: 49).

Slavin og Todd mente at det kan være mange potensielle årsaker til dannelsen av blysulfater. En årsak kan være en reaksjon hvor det har foregått ionebindinger i blypigmentet. Tidligere rensing med base eller syre kan ha forårsaket kjemiske reaksjoner (Slavin og Todd 1990: 49). De tilkjenner også muligheten for at blysulfat kan ha migrert til overflaten som en urenhet. De mener at blysulfatakkumuleringer også kan være produkt av sulfatbasert luftforurensning (ibid: 49).

Sinksulfat har også blitt påvist i overflatemateriale fra andre malerier, men utført på papir (Singer og Liddie 2005; Koyano 1987). Brian Singer og Colin Liddie presiserer i sin case-studie at overflatefenomenene hadde sammenheng med malerens bruk av sinkoksid pigment og svovelholdig luftforurensning. Maleriet de undersøkte var et skutemaleri malt med

³⁵ Tokyo National Research Institute har designet en mobil XRD som kan lese rett fra overflater, uten at man trenger å ta ut prøver fra materiale (Koyano 1987: 64).

gouache/akvarell på et lin/bomulls papir (Singer og Liddie 2005: 5). Singer og Liddie presenterte flere hypoteser angående årsaken til at sinkulfat kan ha oppstått på overflaten. Hypotesen de la vekt på er at sinkoksid, som er et basisk pigment,³⁶ har reagert med syrer fra svoveldioksid forurensning (1), slik at sinksulfitt har blitt dannet. En (halv)reaksjon (2) kan så oppstå ved videre oksidering³⁷ og eksponering for høy relativ luftfuktighet, da kan sulfitt omdannes til sulfat (Singer og Liddie: 2005: 7).

Singer og Liddies hypotese var i midlertidig ikke ny, Kühn hadde tidligere hentydet at sinkoksid-pigment kunne omformes til sinksulfitt under eksponering for industriell luftforurensning. Kühn tillegger det ikke stor visuell vekt for et maleri, fordi sinksulfitt også er hvitt og et dekkende pigment (Kühn 1986: 172).³⁸ Han referer også til forskning som har påvist at i fuktig luft kan sinkoksid omdannes til sinkkarbonat og ved eksponering for fuktig svoveldioksid kan omforming til sinkulfat oppstå (ibid: 174).

Tidligere behandlingsforsøk

John Seguir var konservator ved National Galleriet i London i årtier, fra før 1850. I følge Brommelle mente Seguir han kunne forhindre hvite overflatefenomen på malerier ved å fernissere dem med *Gallery Varnish* (Brommelle 1956a: 181). *Gallery Varnish* var mastiks tilsatt kokt linolje som hadde blitt varmet med et blysalt (ibid: 180). I følge Wyld, Mills og Plesters forklarte Seguir at han også fjernet *chill* fra malerier ved å gni (friksjon) det bort (Wyld, Mills og Plesters 1980: 55).³⁹

Brommelle hevder i begge sine artikler at det senere forelå vitenskapelige belegg for at en ferniss tilsatt olje med blysalter hadde en preventiv virkning på utfellinger (Brommelle 1956 a og b). Brommelle skriver at beleggene ble publisert først i 1928 og i 1929.⁴⁰ I følge

³⁶ I spot test for sinkoksid kan man bruke svovelsyre tilsatt kalium di-kromat til løsningen oppnår en pH på ca 1,6, deretter tilsettes en sølvnitratløsning. Sinkoksid vil utskille et mørke rødt veske ved kontakt med løsningen; sølvkromat vil reagere med det basiske i sinkoksid (Casas og Llopis 2002: 273, 275).

³⁷ Sulfitt oksiderer lett til svovelsyre i vanndråper. Vanlige oksideringselementer kan være hydrogenperoksid eller atmosfærisk ozon (Singer og Liddie 2005: 11).

³⁸ Dette skriver også Mayer om: *...sinksulfide is white, any action that sulphur fumes might have on zink oxide in painting will not alter its colour...* (Sitat: Mayer 1985: 115).

³⁹ Andre spekulative remedier er også med i saksdokumentene fra 1850; i følge Brommelle, anbefalte en kunsthandler og restauratør å tørke over overflatene med urin, som han mente hadde bestanddeler som forhindret at en ferniss ble hvit (Brommelle: 178, a).

⁴⁰ De ble publisert av New og Morell som var fra Research Association British Paint Colour and Varnish Manufacturers (Brommelle 1956a: 187).

Brommelle, ble det forklart at blysalter kunne forhindre de polare gruppene i å absorbere fuktighet i fernissfilmen, ved å eliminere dem (Brommelle 1956: 256 b).

Noen få år etter rensekontroversene i London, oppstod det en lignende situasjon med påfølgende debatt og kritikk i Sør-Tyskland. Kritikken var særlig sentrert rundt fysikeren Pettenkofers rensemeter (Schmitt 1990). For å behandle hvite overflatefenomener hadde han utviklet en metode som i dag er kjent som Pettenkofer-prosessen. Den går ut på at et maleri blir utsatt for alkoholdamp i et lukket kammer. Senere utviklet Pettenkofer prosessen med å inkludere kopaiva balsam (ibid: 81).

I Boissonnas artikkel; *A treatment for Blanching in Paintings* fra 1977 (som det blir referert til i neste avsnitt) følger et etterord hvor utgiveren gir uttrykk for at utfellingsproblematikk ikke hadde fått mye oppmerksomhet innenfor konserveringslitteraturen (*Studies in Conservation* 1977: 44). Utgiveren, i dette tilfellet, *Studies in Conservation*, adresserer den daværende mangel på forskning og oppfordret til videre undersøkelser av årsakene til at *blanching* oppstår og hvorfor problemet kan knyttes til enkelte malerityper (ibid). Boissonnas, på sin side, beskrev behandlingen han utførte på et maleri attribuert til Poussin eller Dughet (Boissonnas 1977). Maleriet hadde hvite overflatefenomener i mørke partier med høyt innhold av bindemiddel. Han konsulterte en kjemiker og bestemte seg for å gni en metakrylat⁴¹-furuoljeblanding (*methacrylat-pine oil mixture*) inn i malingslaget. Behandlingen resulterte i at maleriet måtte tørke i to uker, etter utallige påføringer av den nevnte blandingen. I tillegg ble det nødvendig å foreta en redublering. I følge Boissonnas hadde ikke utfellingsfenomenet vendt tilbake åtte år etter at behandlingen ble utført i 1969 (ibid: 43).

Noen pigmenters betydning

Noen malere er i større grad knyttet til utfellingsproblematikk: Serge Poliakov, Claude Lorraine, Gaspard Dughet, Nicolas Poussin og Claude Gellée er noen av dem (Wyld, Mills og Plesters 1980; Groen 1988).

Martin Wyld, John Mills og Joyce Plesters har observert *blanching* på malerier av Claude (ibid). For å forstå hvorfor Claudes malerier er svært utsatt for utfellingsfenomen, adresserer

⁴¹ Metakrylat er salt eller ester av metakrylsyre.

Mills viktigheten i å undersøke Claudes maleteknikker i detalj (ibid: 60). I samme artikkel diskuterer Plesters pigmentenes egenskaper i forhold til problematikk rundt hvite overflatefenomen. Hun mener det siden sekstitallet har vært bevissthet om at noen pigmenter kan bidra til *blanching*. Hun referer for eksempel til *ultramarine sickness*, men mener at også andre pigmenter har egenskaper som kan bidra til *blanching* (ibid: 61).

Bradford Epley skriver for eksempel i sin artikkel at områder med utfellingsproblematikk i Clauds og Dughets malerier delvis ligger i innholdet i pigmentene (Epley 2000: 131). Han referer til at de berørte områdene ofte inneholder kritt og silikater (ibid).

Karin Groen studerte hvite overflatefenomener i 15 malerier av blant annet Lorraine, Dughet og Claude over en periode på ti år (Groen 1988). Det kan nesten virke som om Groen fullfører Wyld, Mills og Plesters teoridel; Mens Wyld, Mills og Plesters prosjekt gir inntrykk av å være under arbeid, utfyller Groen med belegg fra ulike analysemetoder. Groens undersøkelsesmetoder inkluderte blant annet XRD og SEM. Hun nevner at det var vanskelig å kapsle inn brukbare tverrsnitt av fargelag fra områder med *blanching* (Groen 1988: 48). Hun konkluderer med at Claude og Dughet malte med blandede medier, altså oljeemulsjon (olje-tempera). En oljeemulsjonsmaling er ustabil og kan lett kan skille seg før den tørker opp, det resulterer i en porøs malingsfilm (ibid: 55). Begge malerne brukte også hygroskopiske pigmenter, som for eksempel kritt, grønn jord, smalt, ultramarin og oker (ibid: 55), som ikke er heldig å kombinere med oljeemulsjon.⁴² Slike malingsstrukturer vil være ømfintlig for fuktighet. *Blanching* på Claude og Dughets malerier kan ha oppstått som følge av tidligere konserveringsinngrep, vann eller tilførsel av fuktighet kan ha inngått for eksempel under rensing eller dublering (ibid: 63).

⁴² Hygroskopiske pigmenter har tendenser til å absorbere fuktighet inn i malingslaget (Epley 2000: 131)

3. Kilder og metoder

3.1 Litteratursøk

Publisert litteratur

Publiserte artikler og bøker er innhentet fra bibliotekbaser i inn og utland og benyttet i alle deler av oppgaven. Canadian Heritage Information Network (BCIN) og JP Getty Abstracts of International Conservation Literature (AATA online) er benyttet som søkeverktøy for relevant litteratur. Noen nettsteder, for eksempel Journal Storage (JSTOR), Journal of American Institute of Conservation (JAIC Online), Journal of the Institute of Conservation (ICON), FOM Institute for Atomic and Molecular Physics (AMOLF) og International Council of Museums (ICOM) er brukt til direkte nedlastninger av relevante artikler og doktoravhandlinger.

De fleste anvendte publikasjoner er relevante bøker og artikler, i hovedsak fra malerikonservering, men også en del fra papir- tekstil- gjenstandskonservering, i tillegg til fra bygningsbevaringen. En doktoravhandling publisert i bokform i tillegg til tre doktoravhandlinger fra AMOLF i Nederland ble benyttet. De tre sist nevnte avhandlingene er veiledet av professor Jaap J. Boon og omhandler flere sider ved nedbrytning av oljemaling i maleri (van Loon 2008; Marino 2006; Keune 2005 og van den Berg 2002). De inkluderer også forskning på hvite overflatefenomener. Hvite overflatefenomener er et forskningsområde AMOLF har fremmet de siste årene, særlig når det gjelder utfelling av metallsåper fra oljebaserte malingsfilmer.

I tillegg ble det brukt tre doktoravhandling fra det Tekniske Universitet i Eindhoven (Rijniers 2004), Universitetet i Hamburg (Linnow 2007) og Universitet i Leuven (Derluyn 2012). Avhandlingene tar for seg ulike aspekter rundt metallsalter. De ble brukt for å forstå prinsippene ved krystalliseringsprosesser og dannelse av salter (Reijners) og fuktighetsekvilibrium til løselige salter og hydreringsstadier til magnesiumsulfat (Linnow 2007). I tillegg inneholdt de informasjon om salters oppførsel i porøse materialer generelt (Derluyn 2012).

En annen prosjektbasert masteroppgave fra museet som omhandler Munchs opprullede aulaskisser ble brukt for å hente ut opplysninger, særlig om noen undersøkelses- og

analyseresultater (Tveit 2011).⁴³ Disse kunne i noen tilfeller sammenlignes med undersøkelses- og analyseresultatene av originalmaterialene brukt i de 15 skissene.

3.2 Arkiv, samtidskilder og relasjonsskilder

Brev, notater, kvitteringer og avisutklipp

Opplysningene Munch ga om materialer og teknikker i form av brev, notater, dagbøker eller avisintervjuer er kortfattede og for det meste nedtegnet i ettertid. I brev eller notater der Munch nevnte Skrubben refererte han til hendelser flere tiår tilbake i tid. Likevel har noen detaljer fra disse dokumentene belyst enkelte problemer rundt materialbruk og oppbevaring av aulaskissene. Håndskrevne kvitteringer, innkjøpslister, avisartikler, brev, notater er arkivert i Munch-museets bibliotek og er tilgjengelig for offentligheten, men kopi-beskyttet. Det meste av Munchs brev og notater ble overført etter hans død, i form av maskinskrevne sider (pre-digital tid). Imidlertid ble det i 2011 startet et prosjekt i den hensikt å digitalisere og publisere dette materialet (www.emunch.no).⁴⁴ Brukte notater er referert med bokstaven N (notater) og et tall, for eksempel N 27. Et svarbrev Munch mottok er også brukt, mottatte brev er markert med prefikset K (korrespondanse) og et tall og vil i denne oppgaven bli referert til med disse markørene. Det har blitt referert til utdrag fra dette materialet der det direkte omhandler aulaskissene eller eventuelt aulamaleriene.

Samtidskilder og relasjonsskilder

Venner eller andre med relasjon til Munch og som skrev mens han levde kalles i denne oppgaven samtidskilder. Andre samtidige av Munch, som skrev etter hans død er referert til som relasjonsskilder.

Nedtegnelser om Munchs arbeid og uttalelser, finnes i Ludvig Ravensbergs dagbøker. Ravensberg var Munchs yngre slektning. Han var mye sammen med Munch, blant annet i Kragerø, i Hvidsten, på Jeløya og på Ekely. Ravensberg fulgte også Munch på noen av hans reiser i Norge, Sverige, Danmark og på kontinentet. Ravensberg skrev dagbøker hele sitt voksne liv. Hans enke, Signe Orning Ravensberg, ga dagbøkene i gave til Munch-museet i 1979 (Engan april 2014: personlig korrespondanse). Omtrent 15 av de 245 dagbøkene er helt

⁴³ Masterprosjektet var en del av et undersøkelses- og behandlingsprosjekt som foregikk mellom 2006-2012.

⁴⁴ <http://www.emunch.no/> ble opprettet i regi av Munchmuseet. Der er mange av Munchs brev og notater publisert. Poul Erik Tøjner utgav boken *Munch med egne ord* i 2003, der er flere av Munchs tekster og brev gjengitt (Tøjner 2003).

eller delvis skrevet av og digitalisert.⁴⁵ Det digitale dokumentet som er basert på de 15 dagbøkene er delt inn i 14 deler og inneholder samlet ca. 450 maskinskrevne digitale sider. Halvparten av disse omhandler tiden mellom 1909 og 1910, altså fra tiden Munch bodde på Skrubben.

Som et eksempel på Ravensberg sin skriveform har han gitt denne overskriften til et av sine kapitler: ”Samtaler med Munch. Han taler frit ut fra Leveren om seg selv 1909” (Sitert i LR 536). Ravensberg skriver følgende fra Skrubben 1.1.1910: ...”Saa gaar Munch og legger sig kl 9 ½ og jeg sidder igjen. Nedskriver første dagens samtaler og hændelser”...(Sitert i LR 536). Hver av de fjorten delene har blitt gitt dokumentnumre med initialene LR foran numrene. I denne oppgaven blir Ravensbergs dagbøker referert til når teksten opplyser om hvor Munch malte eller oppbevarte sine skisser.

Christian Gierløff fra Kragerø var Munch’s venn. Etter Munchs død skrev han boken: *Edvard Munch selv*. Den ble utgitt i 1953, og omhandler tiden fra Skrubben. Han ga også ut en 45 siders artikkel i *Kunst og Kultur* i 1945 med tittelen *Litt fra Skrubben og fra Ekely*. Begge publikasjonene er brukt i oppgaven.

3.3 Personlig kommunikasjon og intervju

Innen konserveringsfaget er praksisen med intervju først og fremst relatert til samtidskunsten. Det Nederland-baserte *International Network for Conservation of Contemporary art* (INCCA) ble opprettet i 1999. De har utarbeidet standarder for intervjumetoder og i dag er det lagret over 200 kunstnerintervjuer i deres database (www.incca.org). Selv om denne oppgaven ikke inneholder et kunstnerintervju var INCCAs utarbeidede *Guide to Good Practice: Artists Interviews* et nyttig verktøy (inca.org). Intervjuenes form, oppbygging og lengde ble bestemt ut i fra dokumentet fra INCCA.

Spørsmål rundt tidligere behandling og oppbevaring av aulaskissene la grunnlaget for intervju av malerikonservator Thurmann-Moe. Han konserverte Munchs malerier fra 1950 til han gikk

⁴⁵ Noe av materiale fra Ravensbergs dagbøker er gjengitt og omtalt i større omfang i enkelte publikasjoner (se for eksempel (Tøjner 2003)).

ut i pensjon i 1999.⁴⁶ Det ble også spurt om praksis rundt flerfaglig kommunikasjon relatert til konservering ved Munch-museet, i dette intervjuet og i et intervju av Iris Müller Westermann.⁴⁷ Westermann var tidligere kunsthistoriker ved Munch-museet. Intervjuet med Westerman foregikk i Moderna Museet i Stockholm og intervjuet med Thurman-Moe i Munch-museet.⁴⁸

Det ble forberedt spørsmål til begge intervjuene. Likevel var det viktig å la intervjuobjektene også få fortelle det de selv ønsket å si (Portelli 2006: 39). Det var planlagt at intervjuene skulle ha en uformell tone med plass til mer åpen dialog (Tjora 2012: 110). Dette var fordi det da var mulig at intervjuobjektene ville huske mer fra hendelser som foregikk flere år tilbake. Intervjumetoden var derfor semi-strukturert, med et planlagt grunnlag. Intervjuene som metode er kvalitativ og intervjuene subjektive. Erfaringer fra historiefaget viser at samme intervjuobjekt kan svare helt ulikt på identiske spørsmål, dersom det blir foretatt et intervju nummer to (Portelli 2006: 39).

Intervjuet med Thurmann-Moe ble transkribert og deler av det transkriberte intervjuet, er lagt ved som vedlegg (vedlegg 15, s. 185).⁴⁹ I tillegg til intervjuene ble det kommunisert med malerikonservatorene Mette Havrevold⁵⁰, Inger Grimstad⁵¹ og Mille Stein⁵² samt med kunsthistoriker Gerd Woll⁵³. Den sist nevnte kommunikasjonen foregikk i form av personlige samtaler, per e-post eller per telefon (dette materialet er for det meste brukt i vedlegg 16, s. 189).

Andre opplysninger rundt hvite overflatefenomener ble innhentet fra kjemikere og maleri-, papir-, tekstil- og bygningskonservatorer (se referanseliste under personlig kommunikasjon, s.). En pågående publisasjon om *Forskerne I*, foregår som et samarbeid med Jaap Boon.

⁴⁶ Thurmann-Moe begynte å konservere Munchs malerier på Ekely i 1950. Han fortsatte som konservator i Munch-museet fra 1963 til 1999 da han gikk av med pensjon.

⁴⁷ Iris Müller Westerman jobbet som kunsthistoriker ved Munch-museet under direktør Arne Eggum (i dag jobber hun som Intendant ved Moderna Museet i Stockholm).

⁴⁸ Det var også ønsket å også foreta et intervju med tidligere museumsdirektør Arne Eggum, men det lyktes ikke å lage en avtale med ham.

⁴⁹ Intervjuet med Westermann ble ikke transkribert av hensyn til intervjuobjektet og de som ble omtalt i intervjuet.

⁵⁰ Mette Havrevold jobbet som malerikonservator ved Munch-museet fra 1989 og som atelierleder fra 1999-2013.

⁵¹ Inger Grimstad har jobbet som konservatorassistent fra 1989 og som malerikonservator fra 2000-2011, fra 2012 som atelierleder i konserveringsavdelingen ved Munch-museet.

⁵² Mille Stein jobbet som malerikonservator i Munch-museet fra 1980 (i dag jobber hun ved NIKU).

⁵³ Gerd Woll jobbet som kunsthistoriker i Munch-museet fra 1972-2012 da hun gikk av med pensjon.

Kommunikasjonen foregår både ansikt til ansikt, per telefon og e-post. I forbindelsen med publikasjonen er det utført flere analyser. Noen av disse resultatene vil også bli brukt i denne oppgaven.

3.4 Undersøkelses- og analysemetoder

Undersøkelsene og analysene som ble utført kan deles inn i to hoveddeler: En del om undersøkelser og analyser av skissenes originale materialer og teknikker, og den andre om hvite overflatefenomener. Det var forskjellige aspekter ved de to hoveddelene som det var ønsket å undersøke og analysere. For eksempel var det ønskelig å undersøke lagstrukturer, pigmenter, bindemidler, overflater og tilstand etc. når det gjaldt de originale materialene. Når det gjaldt overflatefenomenene var det ønskelig å identifisere det kjemiske innholdet, om materialet var amorph eller krystallinsk, hydreringsstadier, pH, samt eventuelle krystallformer.

Mange analysemetoder gir kun begrenset informasjon om innholdet i en prøve (Keune 2005: 3). Etsiske aspekter angående uttak av mikropøver ble vurdert og noen ikke-invasiverende analysemetoder ble brukt (Mid-FTIR og XRF). Imidlertid var tilgangen til ikke invaderende metoder begrenset og de kunne heller ikke gi alle ønskede svar. Derfor ble det også utført invaderende og semi-destruerende (SEM-EDX/EDS) og destruerende analysemetoder (GK-MS, DTMS).

Visuelle undersøkelser av skissene bestemte hvilke som det var mulig å ta ut prøver fra og hvilke prøver som var representative. Uttaket av originalmaterialer ble begrenset. De fleste prøvene ble analysert med ulike metoder for å få så mange svar som mulig fra en og samme prøve. Fordi analyseresultatet av noen prøver både ga informasjon om maleteknikk og om hvite overflatefenomener blir noen prøver nevnt flere ganger i oppgaven.

Fordi analysematerialet er relativt omfattende ble det vurdert som mest oversiktlig å presentere mikrouttak primært etter mediet eller materialet som ble analysert og sekundært etter analysemetode. Analysene av de hvite overflatefenomenene vil de bli presentert etter hvilken analysemetode som ble brukt. Analyseresultatene presenteres med begrensede

kommentarer eller diskusjon⁵⁴, de blir diskutert i et eget diskusjonskapittel (kapittel 9), fordi det ble vurdert som lettere og mer oversiktlig å diskutere resultatene samlet.

De analyserte områdene og prøveuttaksområdene er grafisk dokumentert og kan ses i vedlegg 2, s. 136. Analyseresultatene er presentert i komprimert versjon i vedlegg 4 i tabell 1, 2 og 3, s. 140-142. Utfyllende eksterne analyserapporter er oppbevart i konserveringsavdelingen ved Munch-museet.

Undersøkelles- og analysemetoder som ikke krevde prøveuttak⁵⁵

Alle de 15 skissene ble først undersøkt med det blotte øye i dagslys ved hjelp av pålys og med forstørrelse 2X.⁵⁶ De ble undersøkt blant annet for å studere maleteknikker, tilstand og for å kartlegge områder med hvite overflatefenomener.

Binokulare mikroskopundersøkelser

Skissene *Mennesker i solen I*, *Historien I*, *Forskerne II*, *Geografi* og *Nakne figurer II* ble undersøkt under et Zeiss OPMI® mikroskop med Sensera vid stativ S7. Mikroskopet var utstyrt med et Canon G9 Power Shot digitalkamera. Det ble sett på som viktig og interessant og ikke bare studere overflatefenomenene i seg selv, men også som en del av fargelagene og lerretene i skissene. På den måten ville det være mulig å vurdere originalmaterialenes tilstand i forhold til overflatefenomenene, og kunne si noe om krystallenes opprinnelse i stratigrafien.

Hirox 3D-digitalt mikroskop

Da Hirox Europe var på demonstrasjonstur i Oslo, besøkte de konserveringsavdelingen i Munch-museet. Hirox mikroskopet, KH-8700, kan fotografere opptil 10 000 XI (www.hirox.europe.com). Professor Jaap J. Boon hadde konstruert et spesialdesignet bordstativ som gjorde det mulig å stille inn mikroskopet med millimeterpresisjon i både

⁵⁴ Resultater som ikke vil bli behandlet i diskusjonskapitlet vil bli kommentert eller diskutert, for eksempel noen detaljer rundt pigmentanalysene.

⁵⁵ Det ble valgt og ikke dele presentasjonen av analysemetodene inn i ikke-invaderende og invaderende metoder. Fordi noen av metodene i utgangspunktet er ikke-invaderende (for eksempel lysmikroskopi), men krever ofte uttak av prøver og blir da en invaderende metode (Pinna *et. al.* 2009: 181). I denne oppgaven blir mikroskopi brukt både som ikke-invaderende og invaderende metode.

⁵⁶ I forkant hadde alle de 99 oppspente aulaskissene blitt undersøkt med 2X forstørrelse i dagslys for å kartlegge hvilke av dem som hadde hvite overflatefenomener. Dersom alle skissene hadde blitt undersøkt mer grundig, for eksempel med mikroskop er det mulighet for at flere enn de 15 skissene kan ha hvite overflatefenomen i deler av overflatene.

horisontal og vertikal posisjon (www.jaap.enterprice). Overflatene i *Forskerne I* og *Nakne figurer II* ble undersøkt og fotografert under Hirox mikroskopet (40 -1000 X).⁵⁷ Det var ønsket å lage høyoppløste fotografier med høy forstørrelse for å se de hvite overflatefenomenenes påvirkning på fargelagenes tilstand. Det hadde vist seg å være vanskelig å fotografere de tre dimensjonale overflatekrystallene som var koblet til Zeiss mikroskopet. Undersøkelsen med Hirox mikroskopet besto blant annet i å lage 3D bilder med forstørret topografi av overflaten og på den måten visualisere hvordan saltene påvirket de porøse fargelagene. Det var også ønsket å undersøke om det var mulig å se tegn på eventuelle forbehandlinger eller eventuelt rester etter en slik behandling i lerretene. Dette var særlig viktig fordi det, som nevnt også ble observert overflatefenomener i umalte lerretsområder.

UV-Lys-undersøkelser- og fotografering

UV-lys undersøkelser ble også brukt for å undersøke om lerretene var forbehandlet og for å undersøke om overflatefenomenene viste spesifikk fluorescens. For eksempel har karboksylater som overflatefenomener vist seg som et sterkt fluoriserende lag på malingsprøver tidligere (van de Weerd *et al.* 2003: 407). I dette prosjektet ble tre hele skisser og detaljer fra disse fotografert i UV-lys (*Astronomi*, *Mennesker i solen I* og *Nakne Figurer II*). Flere områder fra ytterligere tre skisser ble undersøkt med håndholdt Reskolux UV 365 Led set (*Forskerne I*, *Forskerne II* og *Forskerne III*).

Røntgenfluorescens (XRF) og spektrometriske metoder

EU Access, Research and Technology for the Conservation of European Cultural Heritage (EU-Artech, Molab) besøkte konserveringsavdelingen i Munch-museet i 5 dager for i hovedsak å analysere *Pubertet*, *Angst* og *Vampyr* (eu-artechn.org). To aulaskisser⁵⁸, *Astronomi* og *Mennesker i solen I*, ble undersøkt for å kartlegge pigmenter og bindemidler. Det ble brukt røntgenfluorescens (XRF), ultrafiolett synlig spektrometer (UV-Vis spektrometer)⁵⁹ og mid-infrarødt spektrometer (Mid FTIR). Alle Molabs analysemetoder er ikke-invaderende. Analyseresultatene fra Molab er i denne oppgaven begrensede fordi kun råmaterialet av

⁵⁷ *Forskerne I* ble fotografert i museets magasin med mikroskopet i vertikalposisjon. *Nakne figurer II* ble fotografert i konserveringsatelieret liggende på et bord med mikroskopet i horisontal posisjon.

⁵⁸ En tredje aulaskisse ble også analysert, men denne hadde ikke hvite overflatefenomen, den hadde grønne og gule malingslag som forskerne fra EU-Artech, Molab var interessert i å undersøke.

⁵⁹ Det ble ikke gitt informasjon om UV-Vis-analysene, disse kan det derfor ikke refereres til i denne oppgaven.

analysene ble utlevert.⁶⁰ XRF-analysene viser imidlertid grunnstoffer og Molab opplyste også noen kjemiske forbindelser som ble identifisert med Mid-FTIR.

Mid-infrarødt spektrometer (Mid-FTIR)

Molab bruker en JASCO VIR 9500 spektrometer utstyrt med en Remspec midt-infrarød optisk prøvetakingssonde. Sonden er laget av *chalcogenide* glass⁶¹ som gjør at man kan lese spektra i 4000-900 cm⁻¹ med en oppløsning på 4 cm⁻¹. Bredden på prøveområdet er ca. 4 mm (Milani *et al.* 2008: 858).

Røntgenfluorescens spektrometer (XRF)

XRF er en ikke-invasiv analysemetode og egner seg til å analysere grunnstoffer for eksempel i malingslag. Metoden er kvalitativ. Pigmentidentifikasjon baserer seg på analyserte metaller. Molabs mobile, men ikke håndholdte XRF-generator EIS P/N 9910, var utstyrt med en wolfram anode og en silikondetektor (SDD). XRF-apparatets oppløsning var omtrent 150 eV ved 5,9 keV, den kan analysere elementer med Z >14.

XRF vil gi summen av målinger fra alle lag i et område, derfor kan det i noen tilfeller være vanskelig å vite hvilket lag de påviste elementene tilhører (Dussubieux *et al.* 2005: 755). De 15 aulaskissene, utenom to, består imidlertid hovedsakelig av ettlagsstrukturer. Eventuelle rester etter en forbehandling av lerretene kan imidlertid gi utslag under analyse av fargelag. Med XRF-analysene var det altså ønskelig å kartlegge bruk av pigmenter og analysere umalte lerretsområder. Det var også ønskelig å identifisere grunnstoffene i de hvite overflatefenomenene.

XRF-analysene utført av Molab var begrenset til to skisser. Derfor ble det også utført XRF-analyser med en håndholdt Thermo Scientific Niton XL3 XRF.⁶² Det ble utført videre målinger i eksponerte lerretsområder for og eventuelt kunne påvise spor etter en lerretspreparering, tre skisser ble undersøkt (*Forskerne I, Mennesker i solen I og Nakne Figurer II*). Det ble også gjort målinger fra utvalgte fargelag for å bestemme pigmenter. I

⁶⁰ Molab gir bare ut råmateriale av analysene sine. Dersom man publiserer med dem vil noe av analysemateriale presenteres lettere leselig.

⁶¹ Chalcogenide glass er glass som inneholder en eller flere chalcogenide elementer. Et klassisk chalcogenide glass inneholder ofte svovel, selenium og tellurium.

⁶² XRF apparatet tilhører Nasjonal Museets for Kunst Arkitektur og Design. Malerikonservator v/ Nasjonalmuseet, Ida Bronken, bisto undertegnede ved utførelse av analysene, i Munch-museets magasin.

tillegg ble det utført XRF-analyser av tre nye bomullslerreter med ulike forbehandling fra fabrikk, og kirurgisk bomull. Disse analysene ble sammenlignet med Munchs skisser.

Undersøkelses- og analysemetoder som krevde prøveuttak

Det ble tatt ut 12 malingsprøver fra fem skisser og 14 prøver av hvite overflatefenomener fra syv skisser. Alle uttaksprøvene ble gitt en bokstav (prefiks) fulgt av et prøvenummer.

Malingsprøvene i form av flak ble gitt bokstaven P (paint), to fargeprøver som ble tatt ut med løsemidler ble gitt bokstaven A (area), prøver av overflatefenomenene ble gitt bokstaven F (fenomen).⁶³

Prøveuttaksmetoder

Det var begrensede muligheter til å ta ut fiberprøver ettersom lerretskantene ikke var tilgjengelige. Noen løse fibertråder fra en lerretssøm i *Forskerne Ib* ble tatt ut. I tillegg ble det tatt ut to fiberprøver fra *Forskerne III*, fra lerretets bakside. En prøve ble tatt ut fra et hullområde i *Oldinger i sollys*. Alle disse ble tatt ut med skalpell. Det var særlig ønskelig å identifisere fibre fra *Forskerne III*, ettersom den er registrert som lin i TMS. Det var også ønskelig å måle pH av fibre, selv om fibre fra en søm og et hullområde ikke er de mest representative fra lerretsveven, fordi de står ut fra lerretet og har dermed vært mer utsatt for slitasje enn den mer plane lerretsveven. Likevel kunne fibre gi indikasjoner på surhetsgrad i lerretene.⁶⁴ Det var også ønsket å måle pH av overflatekrystallene, ettersom metallsaltene er kjent for å trekke til seg og lagre syre (Chou & Seal 2004: 518).

Uttakene av overflatefenomenene ble løftet eller skrapet av overflatene med skalpell (skalpellblad renses i etanol). De øverste sjiktene av fenomenene hadde et svakt feste til overflatene og var relativt enkle å ta ut. Det ble brukt forstørrelse 2X under all prøveuttaking. I flere fargeområder var det nødvendig å ta prøver fra relativt store områder for å få nok materiale. Det var enten fordi krystallene var distribuert spredt eller fordi krystallmaterialet

⁶³ Opprinnelig hadde prøvene kun ett felles prefiks, men for ordens og leselighetens skyld ble noen av prøvenes opprinnelige prefiks og prøvenummer endret i denne oppgaven, også fordi det ble sett på som viktig å skille typen prøve. Noen av prøvene har beholdt sine prefiks og fordi de ble sent til utlandet for analyse er to av prefiksene for engelske termer og en er norsk.

⁶⁴ Det var egentlig ønsket å måle pH direkte fra flere lerreter med Agarose gel som kan brukes på sensitive overflater. På grunn av ferieavvikling ble det misforståelser angående bestilling av dette produktet og det rakk ikke å komme frem i tide til denne oppgaven gikk i trykken. Imidlertid ble det ansett som viktigere å måle pH fra det krystalinske materialet fra lerretene, noe som ikke var avhengig av Agarose gelen.

var smått. XRD krever 100-200 mg materiale for å kunne analysere det. Prøve-områdene var ca. 1-10 cm i omkrets. I noen fargeområder var det mer komplisert å ta ut prøver fordi fenomenene var blandet med pigmentkorn. I flere slike områder var fargelagene i for dårlig stand og ble regnet som uegnet for uttak. I lerretsområder uten fargelag, var fenomenene så spredt, at det var nødvendig å ta ut prøvemateriale fra ca. 30 x 30 cm store områder.

Malingsflak ble også tatt ut med skalpell og/eller pinsett. Fra *Forskerne I*, særlig i del a og c, var det enkelt å ta ut prøver fordi de fleste malingslagene er krakelerte, fragmenterte og har dårlig feste til underlaget (ill. 39). Det var flakene i seg selv som bestemte størrelsen på prøvene, noen av de største kunne dermed deles i to etter uttak. I *Nakne Figurer II* var det mer komplisert å ta ut prøver fordi malingslagene er tynnere og har et bedre feste til underlaget. Fra denne skissen ble flakene tatt ut med skalpell.

Fra tegnemediene i skissene var det vanskelig å ta ut prøver med skalpell, fordi det er lite materiale å ta av. Flere steder består fargene av farget lerret og så vidt synlige overflatelag. To prøver av tegnemedium ble tatt ut fra et gult strøk fra *Oldinger i sollys* (A1 og A2). Prøvemateriale ble tatt ut med bomull på bambuspinne fuktet med en løsemiddelblanding av n-heksan, etanol og aceton. Bomullen ble rullet over to ca. 5 mm store områder fra samme fargestrek. Med hensyn til farge⁶⁵ og utseende, er prøveområdene representative for fargestrekene i de andre skissene.

Løselighetstester og mikroskopi

Prøver av hvitt overflatefenomen fra *Forskerne I* (F01) og fra *Nakne figurer II* (F2) ble tatt ut og undersøkt under lysmikroskop i vanlig lys og UV-lys (10-40X). Hvorvidt fenomenet var amorft eller krystallinsk, kunne bestemme videre analysemetode.⁶⁶ Krystallform kan for eksempel si om krystallene er formet raskt eller over tid (Easthaug *et al.* 2008).⁶⁷ I tillegg ble det undersøkt om fenomenet hadde fluorescens eller andre karakteristika. De samme prøvene ble senere analysert i XRD (vil bli beskrevet senere i dette kapittelet).

⁶⁵ Den gule fargen er representert i fem av skissene som hadde utstrakt bruk av tegnemedier.

⁶⁶ Det var analysemetoden XRD som var lett tilgjengelig ved kjemisk institutt, som i første omgang var ønsket å benytte. Metoden analyserer uorganisk krystallinsk materiale.

⁶⁷ For eksempel representerer dendrittisk krystallform krystaller som er formet raskt (Easthaug *et al.* 2008: xvii). Dendrittisk krystallform lager stammer med tre-lignende former (ibid). Snøkrystaller er et eksempel på dendrittisk krystallform.

Det ble utført løselighetstester på prøver med overflatefenomen fra to skisser (*Forskerne I* (F02), og *Mennesker i solen I* (F03)) under lysmikroskop. Det ble testet løselighet i vann, etanol og White sprit. Løsemidlene representerte ulike egenskaper i forhold til polaritet. Fett eller voks (for eksempel frie fettsyrer) kan være løselige i lavpolare hydrokarboner (Pearlstein 1986: 89). Mens salter både finnes på porøse bygningskonstruksjoner, og på malerier, kalles løselige salter fordi de er løselige i vann. Slike salter er uløselige i lavpolare hydrokarboner (Koyano 1987: 59).

pH-målinger

De to fiberprøvene og de to krystallprøvene ble lagt i polypropylen plasttuber og målt ved bruk av ISO-standard 3071-metode. Prøvene ble veid på mikrovækt blant annet for å sjekke om prøvematerialet hadde en egenvekt over 0,002g, som metoden krever. Prøvematerialet ble lagt i 0,1 ml nøytralt vann, de ble ristet i en mekanisk rister i to timer, før målingene ble foretatt. En Jenway 3510 pH og temperaturmåler ble brukt. Apparatet ble kalibrert med bufferløsninger på 4,7 og 10 pH før målingene av prøvene ble utført.

Røntgendiffraksjon (XRD)

XRD er en invaderende, men ikke-destruerende analysemetode for uorganiske krystallinske strukturer. Analysemetoden er kvalitativ. På bakgrunn av mikroskopundersøkelsene ble prøvene antatt å være i krystallinsk form⁶⁸ og det ble det tatt ut ni prøver (F01-F9) av overflatefenomenene fra syv skisser til XRD-analyser. Det ble tatt ut prøvemateriale fra både lerretsområder uten fargelag og fra fargelag. Prøvene ble analysert ved kjemisk institutt, UiO.⁶⁹ En Siemens D5000 diffraktometer ble brukt til å måle prøvene. Reflekterende røntgenstråling ble målt fra prøvene fremfor transmisjon. Refleksjonsmålinger gir bedre signal enn transmisjon og er også tilstrekkelig for identifikasjon (Birkedal Nielsen 5.6.2008: personlig kommunikasjon). Et Bragg-Brentano oppsett ble benyttet. Prøvene ble målt på en enkeltkrysstall silisiumplate, fordi den gir relativt lite bakgrunnsstøy. Alle prøvene ble målt med Cu-stråling (ibid).

⁶⁸ Imidlertid må det brukes høyere forstørrelse for å kunne bestemme krystallformer, mikroskopanalysen var kun ment som en preliminær undersøkelse som skulle gi en ide om krystallinitet eller ikke. Koller og Burmesters mikroskopobservasjoner av overflatematerial fra et maleri av Poliakoff beskrives også som små nåler. Imidlertid, ble materialet i høy grad påvist å være amorf i XRD (Koller og Burmester 1990: 139).

⁶⁹ Analysene ble utført av daværende stipendiat Renie Birkedal Nielsen.

Syv av prøvene av overflatefenomener ble analysert ved å bruke vann til å holde prøvene på prøveholderen. To prøver ble lagt i vakuumfett på prøveplaten, (*Mennesker i solen II* (F8) *Nakne figurer II* (F9)),⁷⁰ med tanke på prøvematerialets mulige reaksjoner med vann i forhold til krystallisering og hydrering.⁷¹ To av prøvene ble analysert flere timer etter at de ble lagt i vann på prøveholderen. Fem prøver ble analysert med samme fremgangsmåte, men etter kortere tid en de foregående prøvene.⁷²

Preparering av tverrsnitt og lysmikroskop

Åtte malingsuttak fra *Forskerne I* ble undersøkt i lysmikroskop i pålys og UV-lys. En prøve, P16 ble delt i to med skalpell (16a og b). Alle prøvene unntatt P15, P16b og P17 ble støpt i lysherdet Technovit 2000LC for å lage tverrsnitt. Støping av tverrsnitt er en destruktiv metode (Pinna *et al.* 2009: 181).⁷³

Tre tverrsnitt (P16a, P17, P18 og P19) ble pusset med MOPAS håndpussingsutstyr og *Micromesh®*- fiberklut med 2400-8000 maskevidde. De fire nevnte tverrsnittene ble fotografert under et Leica DMRX lysmikroskop (VIS og UV fluorescens) utstyrt med et Nikon DX1200 CCD kamera.

De to andre tverrsnittene (P26 og P28) ble pusset på en Struers LaboPol-5, med Struers MD Fuga pussepapir 800-2800 mikron finhetsgrad. Optiske kvaliteter, som skarphet og godt fokus, bestemmes av oppnådd jevnhet under pussing av tverrsnittet (Pinna *et al.* 2009: 182). Ettersom det ikke var noen prøveholder tilgjengelig ble de to sist nevnte prøvene håndholdt under pussing. Den siste slipingen foregikk uten vann på pusseskiven for å hindre at vann påvirket de porøse lim-baserte malingsprøvene. De tre tverrsnittene ble undersøkt og fotografert under et Olympus BX51, mørkefelt- og polarisasjonsmikroskop med pålys og UV-lys.

⁷⁰ Birkedal Nielsen vurderte også ulike løsemidler, som etanol, isopropanol eller metanol, men var redd for at løsemidlene kunne påvirke eventuelle oljer i prøvene (Birkedal-Nilsen 30.10.2007)

⁷¹ Ved miljøendringer kan en gang krystalliserte salter transformeres, i form av aldring; de kan enten løses opp eller rekrystallisere seg (Arnold og Zehnder 1985: 276).

⁷² Ved kjemisk institutt ved UiO, blir prøvene lagt i kø ved XRD-maskinen og analysert fortløpende, dersom prøvene er langt bak i køen kan det gå lang tid før de blir analysert (Melina Visur 29.5.2014: personlig kommunikasjon).

⁷³ Det vil være vanskelig eller umulig å fjerne støpematerialet fra prøven uten å ødelegge den. Fordi prøven i tverrsnitt «alltid» vil være tilgjengelig for nye undersøkelser, selv om det begrenser seg til undersøkelser av prøven i støpt form, skiller metoden seg fra andre destruerende metoder hvor prøvene blir ødelagte og ubrukelige etter analyse (for eksempel i GK-MS).

Tverrsnittene ble undersøkt under mikroskop for å undersøke lagoppbygging, farger og de hvite overflatefenomenene. I forbindelse med undersøkelser av stratigrafi, var det også ønskelig å undersøke om det var grunderingslag i tverrsnittene. I tillegg ble maleteknikk og tilstand undersøkt, som for eksempel porøsitet. De seks tverrsnittene ble fotografert i UV-lys under begge mikroskopene. Det var ønsket å se mulige indikasjoner på brukte bindemidler og pigmenter, for eksempel har proteinbaserte bindemidler en blålig eller olje en gulaktig fluorescens (Pinna *et al.* 2009: 179).⁷⁴

Etter at de seks tverrsnittene var undersøkt og fotografert i mikroskop ble de undersøkt i SEM-EDX. Malingsprøven som ikke ble støpt (P15) ble undersøkt med lavvakuummodus-SEM-EDS for å identifisere pigmenter og grunnstoff i overflatefenomenene. Den ene delen av P16 (P16b) som ikke ble støpt ble analysert i DTMS. P16a ble etter mikroskop og SEM-EDX undersøkelser analysert i FTIR-ATR. (De sist nevnte analysemetodene blir beskrevet senere i dette kapitlet).

Skanning elektronmikroskop (SEM-EDX og SEM-EDS)

SEM er en invaderende, men ikke-destruktiv analysemetode og egner seg for analysing av grunnstoffer og eventuelt kjemiske forbindelser i for eksempel en malingsprøve.⁷⁵

Grunnstoffer med høyt atomnummer får lyse toner i SEM og lettere metaller eller organiske forbindelser grå sjatteringer eller helt mørke lag/områder, ut i fra det kan man også skille ut organiske bestanddeler i prøvene. Metoden er ikke egnet til identifisering av organiske materialer (Khandekar 2003: 59). I SEM-EDX eller SEM-EDS er det mulig å lage tilbakestrålings-fotografier (backscatter) med forstørrelser opp til 100 000 X.

Hovedmålet med SEM-analysene av overflatefenomenene var å visualisere krystallformene⁷⁶ og analysere elementene i overflatefenomenene. Fargelagens overflate og topografi, samt tverrsnitt av malingsflak med overflatefenomen ble undersøkt. Foruten lag-oppbygging og mulighet for tilstedeværende grundering ble også overflatefenomenenes tilstedeværelse i fargeprøvene undersøkt. I tillegg var det ønskelig å kunne identifisere pigmentbruk.

En prøve av overflatefenomener fra *Nakne figurer II* (F12) og to uttak av overflatefenomener og et malingsflak med overflatefenomener fra *Forskerne I* (F10, F11 og P15) ble kjemisk

⁷⁴ Antydninger til fluorescens i tverrsnitt kan eventuelt ses i lyse grunderingslag (Pinna *et al.* 179).

⁷⁵ Noen dataprogram foreslår kjemiske forbindelser, disse forslagene er imidlertid ikke alltid realistiske.

⁷⁶ Man kan ikke se krystallstrukturer i SEM, som er basert på støkiometri

analysert i SEM-EDS på Naturhistorisk Museum, UiO.⁷⁷ Et Hitachi S-3600N elektronmikroskop utstyrt med BSE (backscatter) og Thermo Noran system Six EDS (semi-kvantitativ) detektorer ble brukt. Denne typen SEM kan kjøres i både høy- (<1 pascal) og i lavvakuummodus (1-120 pascal). Prøvene med overflatefenomener og malingsflaket ble kjørt på 10 pascal. I lavvakuummodus er det mulig å undersøke ikke-ledende og ømtålige prøver uten å støpe eller dekke (spøtre) prøvene med gull eller karbon. Overflatefenomenene ble lagt på dobbeltsidig karbontape festet til prøveholderen. Malingsflaket ble også festet til dobbeltsidig karbonteip, i vinkel på prøveholderen. På den måten var det mulig å undersøke overflaten av flaket først og deretter ble prøveholderen dreiet 50° for å undersøke og analysere tverrsnittet av malingsflaket.

Tre av tverrsnittene fra *Forskerne I* (P16a, P17 og P18) ble analysert i SEM-EDX ved Amolf Institute.⁷⁸ Philips-FEI XL-30 FSEM sammen med en EDAX energi-dispersiv-analyserer ble brukt. Prøvene ble dekket med et tynt lag gull *in vacuo*. Etter overflateanalysene ble P16a støpt. Det var ønskelig å vite mer om eventuell lagstruktur og malingens tilstand i forhold til porøsitet og i forhold til de hvite overflatefenomenene i prøvene. Pigmenter i malingslagene og elementer i de hvite overflatefenomenene ble identifisert.

To tverrsnitt fra *Forskerne I* (P26 og P28) ble også analysert i SEM-EDX ved Kulturhistorisk Museum, UiO, av undertegnede. Tverrsnittene ble støpt med karbon. Lagoppbygging og pigmenter ble studert samt distribusjon av blant magnesium, sink og svovel i prøvene (mapping).

Forskjellen mellom resultatene fra SEM-EDX og SEM-EDS er at i lavvakuum-modus gir EDS større kvantitativ elementinformasjon. Det skyldes at gassen i prøverommet rundt de ubeskyttede prøvene kan påvirke slik at det blir noe spredning (www.surfacesciencewestern.com). På den måten kan et noe større område av prøven i prøvekompartimentet analyseres. Med høyvakuum-modus i SEM-EDX, gis en mer direkte lesning fordi den analyserende strålen har mindre spredning. Både i EDS og EDX-analysene vil det være flere elementer som overlapper i energi fra skallene, derfor er det viktig å kontrollere hvor mange skall som vises i kurvene.

⁷⁷ SEM-EDS-analysene ble utført av Hans Jørgen Berg med bestiller til stede.

⁷⁸ SEM-EDX analysene ble utført av Professor Jaap J. Boon.

Fourier transform infrarødt spektrometer (FTIR)

FTIR er en invaderende, men ikke-destruerende analysemetode for identifikasjon av kjemiske bestanddeler i organiske stoffer og forbindelser (Learner 2000: 81).⁷⁹ Visualisering av de organiske bestanddelene i en prøve kan svekkes dersom de er blandet med mineraler og andre uorganiske materialer, som for eksempel kritt eller blyhvitt, fordi de sist nevnte kan dominere spekteret (Keune 2005: 5; Learner 2000: 81). Noen organiske bestanddeler er heller ikke mulig å påvise i FTIR, som for eksempel klorider (Boon 2014: personlig kommunikasjon). FTIR er en kvantitativ analysemetode (Learner 2000: 81).

Et område av tverrsnittet i 16a, fra *Forskerne I* ble analysert med ATR-FTIR ved Schweizerisches Institute für Kunstwissenschaft (SIK ISEA) og ved Hochschule der Künste Bern (HBK) for bildebehandlings-FTIR. FTIR Bruker Hyperion 3000-mikroskopet er utstyrt med en fokal-plantyperekkedetektor (FPA) som bruker en dempet totalrefleksjons-krystall (ATR) for bildebehandlings-FTIR og ble brukt til å analysere malingsprøven. Det var ønsket å undersøke et u-pigmentert semi-transparent mellomlag som ble oppdaget under mikroskopanalysene av tverrsnittet P16a. I tillegg var det ønskelig å analysere andre deler av tverrsnittet for å påvise bindemidler.

To malingsprøver fra *Nakne figurer II* (P21 og P22) ble analysert med FTIR-ATR ved Art Access and technology (AA&R). Det var egentlig bestilt analyser av bindemidler ved bruk av FTIR og GK-MS, men GK-MS-maskinen til AA&R ble ødelagt og problemer med reparasjoner gjorde at prøven kun ble analysert med FTIR-ATR. FTIR kan for eksempel vanligvis ikke differensiere ulike oljer eller ulike proteinholdige bindemidler. Instrumentet som ble brukt var en Varian Excalibur med et avbildingsmikroskop og en Golden Diamant ATR. Prøvene ble lagt direkte på ATR-diamanten. IR-spektrene som ble undersøkt lå mellom 4000-600 cm⁻¹ ved bruk av 64 prøveskanninger og en spektraloppløsning med 4^{cm-1}. Programvaren som ble brukt var Varian Resolution Pro versjon 4.0.

Gasskromatografi-massespektrometer (GK-MS)

GK-MS er en destruerende metode brukt for å identifisere organiske forbindelser. Metoden kan gi detaljert kvalitativ informasjon om en rekke organiske materialer som for eksempel

⁷⁹ De fleste organiske stoffer er molekyler, mens uorganiske stoffer har ionisk struktur som ikke egner seg til spektralanalytiske metoder.

organiske bindemidler (Panni *et al.* 2005: 160). Ettersom GK-MS og DTMS er destruerende metoder er det, viktig å utføre andre ikke-destruerende metoder, før prøven destrueres.

Det var ønsket å vite om to prøver som ble tatt ut fra *Oldinger i sollys* (tatt ut med løsemidler) inneholdt voks, olje eller en blanding av voks og olje eller et tegnemedium bundet i vannbaserte bindemiddel. Ytterligere en malingsprøve som ble tatt ut med skalpell fra *Forskerne I* ble analysert med GK-MS for å identifisere bindemiddel. De to prøvene (A1, A2) ble analysert av Scibec-gruppen ved Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Pisa Universitet, Italia. Prøvematerialet fra bomullen ble løst opp i løsemiddelblandingen som prøvene ble tatt ut med, før de ble analysert i GK-MS.⁸⁰

Ytterligere to malingsprøver ble sendt til Scibec-gruppen. En prøve fra et rødt fargelag fra *Nakne Figurer II* (P27), og en prøve fra et beige fargelag fra *Forskerne Ia* (P33).

GK-MS instrumentet brukt for de fire prøvene består av 6890N Network GC system (Agilent Technologies) med en 5973 MS detektor og en kvadrupolanalysator. SCIBEC brukte to ulike GK-MS metoder. Den som ble brukt for de to prøvene fra *Oldinger i sollys* var en kombinert prosedyre basert på en GK-MS-teknikk som passer for indentifisering av mange organiske materialer i samme mikroprøve (vedlegg 12, s. 178).

Direct dissolve temperature resolved MS (DTMS)

DTMS er en semi-kvantitativ destruerende analysemetode for organiske materialer. Metoden er en form for pyrolysis-massespektrometer (pyMS) og uten GK-delen kan metoden analysere et større spekter av materialer i en prøve (Learner 2000: 117). For eksempel kan også ulike uorganiske bestanddeler i en prøve, som for eksempel metallsåper påvises (Keune 2005: 61). Metoden kan altså identifisere flere materialer enn GK-MS (Learner 2000: 117). Den andre delen av P16, P16b, fra *Forskerne I* ble analysert med massespektrometer med direkte temperaturopløsende MS ved 16 e V elektronionisasjon. Denne ble brukt med en JEOL – SX102-102 4 sektorinstrument med en varmeresistent Pt/Rh (9/1) filamentinnsatssonde. Metoden er destruerende, men den kan analysere små prøver, ned til 50 µg (Keune 2005: 46).

⁸⁰ Uttaksmetoden og analysemetoden kan også være nyttig dersom man for eksempel ønsker å analysere hva rensing med gitte løsemidler fjerner fra et malingslag (Pinna *et al.* 2005: 141).

4. Skissenes originale materialer og male/tegneteknikker

I Munch-museets database (TMS, Gallery Systems)⁸¹ har de fleste verk i samlingen en kort teknikkbeskrivelse.⁸² Dette gjelder også de 15 aulaskissene. De fleste beskrivelsene er basert på visuelle undersøkelser da det bare er referert kort til en kjemisk analyse av en malingsprøve.⁸³ For de 15 skissene er 14 bunnmaterialer vurdert som bomull og ett lerret som lin.⁸⁴ Mange av skissene er beskrevet som utført med blandede teknikker. Fem skisser er vurdert som utført med bare fargestift, ellers er tempera, olje, kull og sort stift nevnt som medier. I de fleste er to medier nevnt i kombinasjon i hver skisse (vedlegg 1, s. 132).⁸⁵ Beskrivelsene av brukte male- eller tegneteknikker er ansett som, til en viss grad, veiledende. Dette er særlig gjeldende for Munchs aulaskisser og også generelt for mange tegnemedier (vil bli forklart i 4.2). Funn fra analyser fra andre aulaskisser har vist at det ikke var sammenheng mellom analyserte funn og utseende på fargelagene (Sandbakken & Tveit 2012: 260).⁸⁶ Derfor er det vanskelig å vurdere brukte medier basert på visuelle observasjoner.

4.1 Lerretene

Som nevnt innledningsvis varierer målene på skissene fra 270 x 730 cm (*Forskerne I*) til den minste som måler 95 x 57 cm (*Historien II*).⁸⁷ I 14 skisser består lerretene av et helt lerretsstykke. I *Forskerne I* består underlaget av seks deler som er sydd sammen, både vertikalt og horisontalt (ill. 3). Sømmene ser ut som maskinsøm, grunnet sømmenes jevnhet.⁸⁸ Alle de 15 lerretene er toskaftsbundne, tynne og jevnt-vevde lerreter⁸⁹ (ill. 4, ill. 6, ill. 7, ill. 8).

⁸¹ TMS er forkortelse for The Museum System som igjen er en versjon av hovednavnet Gallery Systems. Databasen vil i denne oppgave blir referert til som TMS. Munch-museet gikk over til å bruke TMS som database i 2011.

⁸² Disse beskrivelsene er de samme som er oppført i Edvard Munch: Catalogue Raisonné

⁸³ Det har blitt tatt ut en prøve fra malingslag i skissen *Nakne figurer II* (Woll M 1828 App). Prøven ble analysert ved hjelp av våtkjemiske analyser av Thurmann-Moe i 1987.

⁸⁴ Skissen som er vurdert som lin i TMS: *Forskerne III*.

⁸⁵ I forbindelse med utarbeidelse av Catalogue Raisonné (red. Woll) ble det gjort noen små endringer i teknikkbeskrivelsene av skissene. I Munch-museets tidligere database, Filemaker OKK, som ble byttet ut med TMS i 2011, ble blant annet fargekritt, kaseintempera og krittffarge brukt i tillegg til fargestift, kull og olje, som er brukt per d.d.

⁸⁶ Dette er grunnet fargelagenes grad av nedbrytning og at de i utgangspunktet ble manipulert til å ha matte egenskaper uansett om brukte materialer var olje eller for eksempel lim (Sandbakken og Tveit 2012: 260).

⁸⁷ Til sammen utgjør de 15 skissene ca. 40,3 m² og i gjennomsnitt måler hver skisse ca. 2,7 m².

⁸⁸ Munchs husholderske, Stina Kraft, skal ha sydd sammen lerreter i tiden hun jobbet på Skrubben (Gierløff 1953: 202).

⁸⁹ Med jevnhet menes her også at trådene i lerretene hadde relativt jevn og lik tykkelse.

Av utseende kan alle de 15 lerretene minne om tynt bolsterstoff brukt til å stoppe møbler. De har tidligere blitt kalt lakenlignende (Grimstad 2000: 30).⁹⁰ Lerretene i de 15 skissene kan minne om påviste bomullslerreter i noen av de opprullede aulaskissene. I noen av de opprullede lerretene var jarekanter synlige i perioden de var rullet ut for konservering.⁹¹ Jarekantene hadde røde og blå striper og skal ha vært typiske for satengvevd bolsterstoff (Tveit 2011: 52).⁹²

Munch valgte antageligvis bomullstekstil til mange av sine aulaskisser av økonomiske grunner, fordi lerretene skulle brukes til skisser. I England og Frankrike ble for eksempel lin betydelig dyrere i forhold til bomull på slutten av 1800-tallet og på begynnelsen av 1900-tallet (Carbonnel 1980: 10; Villers 1981: 9).⁹³ Bomull og hamp ble på slutten av 1800-tallet omtalt som desidert mindreverdige i forhold til ubleket lin brukt som underlag til maleri (Carlyle 2002: 185; Carbonnel 1980: 3; Villers 1980: 9,10).⁹⁴ Bomullsfibre skal være 2-3 ganger svakere enn linfibre (Villers 1981: 10). I England skal bomull først og fremst ha vært brukt til skisser (Carlyle 2002: 185). Noen malere skal også ha brukt bomullslerreter eller blandinger av bomull og lin til malerier (ibid). Mellom 1890-1910 skal det ha kommet flere varianter av preparerte bomullslerreter på markedet (Hedley 1993: 50 *et al.*), men det skal først ha vært etter andre verdenskrig at bruken av bomull tok til i større omfang til malerier (Carlyle 2002: 185).⁹⁵

Munch kan også ha sett andre fordeler med bomullslerretene. Tegnemedier er som nevnt brukt mest til papir og papp. Noen av Munchs tidlige aulaskisser er også malt på papp,⁹⁶ men med bomullstekstilene har han hatt større frihet til å kunne variere størrelsene på skissene (Sandbakken 2011: 322). De fint-vevde jevne bomullslerretene kan antageligvis også ha egnet

⁹⁰ Grimstad (2000) skriver om en bomullsskisse med aulamotiv malt i 1926-27, men visuelt er lerretene like (sett ved utrulling i perioden 2006-2011).

⁹¹ 32 av aulaskissene som var opprullet ble rullet ut for konservering, dokumentasjon og undersøkelser i perioden mellom 2006-2012. Prosjektet ble først ledet av Inger Grimstad fra 2006-2006, deretter av Eva Tveit mellom 2006-2012. Grunnet skissenes store størrelser foregikk prosjektet i Munch-museets festsal.

⁹² Bolster er tettvevd satengvevd tøy av bomull, lin eller jute eller blandinger, det har ofte striper (snl.no).

⁹³ Det er kun 10 % av vekten linen resulterer i et ferdig tekstil, derfor ble prisen høy (Yong 2012: 117).

⁹⁴ Rå bomull består av ca. 85 % cellulose, frøkimen inneholder voks og peptiske materialer. Lin inneholder ca. 60 % cellulose (Landi 1998: 21, 22).

⁹⁵ Malere som Henri Rousseau (1844-1910), Leopold Survage (1879-1968), Lois Vivin (1861-1936), skal ha malt noen av sine malerier på bomullslerreter (Carbonnel 1980: 10). I Tate Museum er de tidligste maleriene som er malt på bomull av Conroy Maddox fra 1940 og et av Jackson Pollock fra 1952 (Villers 1981: 9).

⁹⁶ For eksempel *Solen* (Woll M 996).

seg bedre til å «tegne» på enn et lerret med grovere vev, som er mer vanlig for linlerret,⁹⁷ men særlig for jute eller hamp. Lerretenes overflatetekstur kan likevel ha hatt betydning i forbindelse med om han har brukt vannbasert fargemedium eller fett/voksbasert medium. For eksempel har lerreter produsert til pastell krevd grunderinger med enten en ru eller fløyelslignende tekstur for at overflaten skal ha kunnet holde på det tørre mediet (Segel & Scharff 2008: 141).⁹⁸ Papir brukt til pastell skal blant annet ha blitt preparert med pimpsteinpulver og limdrenking (ibid: 142).⁹⁹ I fem av de 15 aulaskissene har mange av lerretene mikrofibre som står ut fra overflaten, noe som gjør overflatene flossete. Om dette er forbundet med slitasje/nedbrytning eller en form for preparering, før de ble tegnet/malt på, er vanskelig å bedømme.

Visuelt er det ingenting som tyder på at de 15 lerretene har blitt påført grundering. De fleste av skissene, foruten, *Forskerne I* og *Nakne figurer II*, har store områder som ikke er dekket med fargelag.¹⁰⁰ Store deler av lerretene er dermed eksponert. Ferdinand Holder (1853-1918) skal også ha malt noen av sine sene malerier på ugrunderte lerreter (Beltinger 2007: 108). Det skal også Gougain ha gjort (Jirat-Wasiutynski og Newton 1998: 237). Det finnes også noen historiske referanser om bruk av ugrunderte lerreter. Disse referansene har kanskje ikke relevans til Munchs tid, men ettersom Munch oppholdt seg i lange perioder i Tyskland og andre steder i Europa, kan også ha fått ideer fra historiske verk ved museumsbesøk. På 1500-tallet ble lerreter uten grundering brukt til vannbaserte medier (Heydenreich 2008: 32). For eksempel malte Albrecht Dürer (1471-1528) 16 malerier i distemper¹⁰¹ på ugrunderte blekede linlerreter (ibid). Denne typen maleri har blitt kalt *tüchlein*¹⁰² og ble vanligvis ikke fernissert og hadde karakteriske matte overflater (Dubois *et al.* 1997: 228, 229). Disse maleriene ble sett på som lette å håndtere, relativt rimelige og kunne males raskt (ibid: 230). En type senbarokke transparente genremalerier, var ment å skulle illumineres med transmittert lys

⁹⁷ Linlerreter kan også ha høy trådtetthet, for eksempel har trådtetthet i linlerreter i malerier av Jean Baptiste Camille Corot (1796-1875) blitt målt til 31 x 30 cm². Linlerret til et maleri av Andrea Mantegna (1431-1506) blitt målt til 23 x 23 cm² (Dubois 1997: 231). Et annet Mantegna-maleri (*Samson and Delilha*) hadde et linlerret med enda høyere trådtetthet: 30 x 30 cm² (Villers 1981: 3).

⁹⁸ Kathrine Segel og Mikkel Scharff undersøkte lerreter kalt *flocked canvases* (velurlerreter) som fikk fibre strødd over den våte grunderingen for at overflaten skulle bli fløyelsaktig (Segel og Scharff 2008: 142).

⁹⁹ Shelley kaller en type grunderinger brukt på lerret til pastell for *pumice ground*, disse lerretene ble strukket på blindrammer (Shelley 1989: 42).

¹⁰⁰ De to sist nevnte skissene har også eksponerte lerretsområder, men i mindre omfang sammenlignet med de andre 13 skissene.

¹⁰¹ I dag blir ofte distemper referert til dyrelim brukt som bindemiddel, imidlertid er det i historisk litteratur referert til vannbaserte limtyper, både dyrelim, plantegummi og egg (The Oxford English Dictionary 1989: 895. Referanse hos Dubois *et al.* 1997: 235).

¹⁰² *Tüchlein* kan oversettes med "lite tøyestykke" eller "fin lin" (direkte oversatt fra Heydenreich 2008: 42).

(Bernardis 2008). Disse ble blant annet malt med gjennomsiktede eller transparente pigmenter¹⁰³ på ugrunderte, men impregnerte¹⁰⁴ lerreter (Bernardis 2008: 92). Nærmere Munchs samtid hadde teknikkene for denne typen malerier blitt utviklet videre og de meste kjente malerne som blant annet malte transparente malerier er Caspar David Friedrich (1774-1840) og Karl Friedrich Schinkel (1781-1841) (ibid). Ettersom utfellingsfenomenet i de 15 skissene også befinner seg i eksponerte lerretsområder og ser ut til også å ha oppstått uavhengig av fargelag i skissene, ble lerretene sett på som en viktig faktor. En arbeidshypotese ble formulert: alle de 15 lerretene har blitt forbehandlet.

Vevstruktur, farge og trådtetthet i lerretene

Trådtettheten var lik for alle de 15 lerretene, de har ca. 22 x 20 tråder per cm², dette ble målt med en håndholdt lupe (8X), med millimetermål, i tre ulike områder av hver skisse. I et lignende lerret fra en aulaskisse med samme dateringsår, men som ikke har hvite overflatefenomener ble trådtettheten talt med samme resultat, ca. 22 x 20 cm². Dette lerretet var imidlertid lysere i tonen enn mange av de 15 skissene. Trådtettheten i den opprullede skissen *Historien* som tidligere er nevnt i forbindelse med synlige jarekanter, ble trådtettheten målt til blant annet 21 x 22 per cm² i fem områder, 21 x 21 i to områder og 19 x 20 cm² i et område (Tveit 2011: ill. 19, s 126). Den ulike trådtettheten i den skissen varierte mest sannsynlig fordi skissen er satt sammen av 13 lerretsdeler og noen av disse kan være en annen type lerret (ibid).¹⁰⁵ Kanskje de små ulikhetene i trådtetthet også kan skyldes for eksempel ulike spenninger i lerretene.

Det er ikke mulig å vurdere med sikkerhet hvilken retning som er renning- og hvilken som er innslagsretning, ettersom ingen jarekanter er tilgjengelige. I noen lerreter kan renningstråder være jevnere enn innslagstråder fordi de må kunne tåle stresset under vevingen, dermed kan innslagstrådene være tykkere og mer ujevne (Wetering van de 2000: 99). I fint vevde lerreter kan det imidlertid være vanskelig å se forskjell (ibid: 101). Det har blitt antydnet i en

¹⁰³ Som røde og gule organiske pigmenter, prøyssisk blå, indigo, verdigris og kobberlasurer (Bernardis 2008: 92).

¹⁰⁴ Både papir, glass og bomulls- og linlerreter skal ha blitt brukt til denne typen verk. Lerretene ble impregnert med en olje og harpiksløsning. I noen varianter av transparente malerier ble bomullslerreter impregnert med et oljebasert medium fra fremsiden og med en lim-basert impregnering fra baksiden (Bernardis 2008: 94).

¹⁰⁵ Trådtellingen kan kanskje også ha variert dersom skissen kan ha vært utsatt for ulik strekk, for eksempel mens den var rullet.

undersøkelse av franske malerier at renningstråder ofte er i flertall i forhold til innslagstråder (Carbonnel 1980: 6). Fordelingen av tråder i vertikal og horisontal retning var lik for 13 av aulaskissene, altså 22 tråder horisontalt og 20 vertikalt per cm², men for to av skissene var dette omvendt. Det kan antyde at renningsretningen går i flere av lerretenes lengderetning (Landi 1992: 12).¹⁰⁶ Det kan imidlertid også tyde på at Munch har brukt lerretene i ulike vevretninger.¹⁰⁷

Som allerede antydnet har alle lerretene i de 15 skissene store likheter visuelt. De er alle i ulike grader grå eller grå/brungule i fargen. Noen lerreter er imidlertid lysere i tonen enn andre. Det er sannsynlig at alle lerretene har vært lysere i tonen da de ble produsert, ubehandlet bomullstekstil har en kremhvit farge (ill. 5). Tekstiler ble også ofte bleket i forkant av og bli stivelsesbehandlet (Tímár-Balázsy og Eastop 2005: 104). Fiberanalyser foretatt fra de opprullede bomullslerretene påviste stivelse i to av syv prøver (Tveit 2011: 54).¹⁰⁸ Fargen på lerretene kan ha hatt betydning for Munch, farger og kontraster i motivene påvirkes av fargen i underlaget. For eksempel foretrakk noen 1500-talls kunstnere bleket hvit lin fordi da var det kun nødvendig med en tynn grundering i forbindelse med å måtte skjule fargen i et ubleket grått linlerret (Heydenreich 2008: 31).

Det ble ikke observert noen sammenheng mellom mengder hvite overflatefenomener og fargetonene i de 15 lerretene. Det er selve utseende på veven, som trådtetthet og tykkelsen på trådene som gjør at de har visuelle likhetstrekk.

Basert på de visuelle likhetsrekkene, trådtetthet og fordi 14 av skissene er datert til mellom 1909-1910, er det sannsynlig at alle lerretene er av samme type, altså at de kan være fra samme rull¹⁰⁹ eller fabrikant. Når det gjelder lerretet i *Forskerne III* som i TMS var vurdert som lin, er det sannsynlig at dette også er et bomullslerret fra samme rull eller parti som de andre 14 lerretene. Dette er basert på de visuelle likhetene og at trådtettheten er den samme i dette lerretet som i de andre 14.

¹⁰⁶ I større malerier har ofte innslag gått i horisontal retning og i mindre malerier har det variert (Wetering van der 2000: 98).

¹⁰⁷ Disse to skissene hadde ikke større eller avvikende format i forhold til de andre 13 skissene.

¹⁰⁸ Blekingen fjernet fett og voks slik at stivelsen skulle trekke inn i trådene (Brodén 1978: 17).

¹⁰⁹ Lerreter blir ofte nevnt som tilgjengelige fra rull (Carlyle 2002: 187).

Limdrenking eller annen forbehandling av lerretene?

Det er ingen tegn på tilstedeværelse av grunderinger i skissene, men om Munch selv kan ha påført en eller annen form for appretur eller at lerretene ble behandlet under produksjonen av tekstilet, er vanskelig å vite. I dagslys var det med det blotte øye ingenting som avslørte at lerretene har blitt påført eller tilsatt noe som en forbehandling. Det er ingen pensel eller malekostmerker etter en eventuell påføring. Det er heller ingen synlige skjolder etter en eventuell ujevn påføring eller synlige overlappinger av strøk, med tanke på om Munch skulle ha gjort prepareringer selv.

4.2 Fargelag: ulike teknikker

De hvite overflatefenomenene i skissene omfatter også fargelagene. I noen områder kan det også se ut som om enkelte farger har større forekomster enn andre (ill. 6 og ill. 7). Materialenes eventuelle innvirkning i kjemiske eller fysiske prosesser som har ført til overflatefenomenene, gjør det interessant å vite hvilke tegne- og malematerialer som kan ha vært brukt i skissene. Ut i fra visuelle undersøkelser er det antatt at alle skissene i større eller mindre grad inneholder tegnemedium. Med tegnemedium menes her medium i tørr form¹¹⁰ som ofte forekommer som en stift med rundt eller kvadratisk tverrsnitt i motsetning til flytende medium som males med pensel. Tegnemediene er mer vanlige brukt på papir eller kartong. Imidlertid har enkelte tegnemedier også blitt brukt av kunstnere på grunderte lerreter (Shelly 1998).¹¹¹ Begrepsbruk og terminologi rundt disse mediene er forvirrende og upresise av ulike årsaker. Det vil bli redegjort for hvilke muligheter som finnes av de tegnemedier som muligens har vært brukt i skissene.

Fargestifter; hva er det?

Det finnes forholdsvis få publikasjoner om identifiserte tegne- og malemedier i papirkunstverk i forhold til hva som er publisert på maleri (Townsend 1998: 21). Grunnen til det kan være at det ofte er problematisk å ta prøver fordi det rett og slett ikke er nok materiale

¹¹⁰ Her refereres det til alle tegnemedier som ikke er i flytende form. Det er ellers vanlig å bruke begrepet tørre medier for eksempel til kritt, pastell og blyant, og tegnemedier bundet i fett eller i olje som stift (Helliesen 1993: 15).

¹¹¹ Pastell og gouache er også brukt av kunstnere på lerreter, helst på fint-vevde tekstiler (Fuga, A. 2004: 39, 118). For eksempel Edouard Manet (1832-1883) og Guiseppe De Nittis (1843-1884) skal ha brukte grunderte lerreter til mange av sine pasteller (Shelley, M. 2006: 9; Maheux, A.F. 2006: 31, 33).

å ta ut for analyse (ibid).¹¹² Det er også ofte etiske aspekter å ta hensyn til ved analysemetoder som krever uttak av originale materialer, og økonomiske aspekter knyttet til relativt høye analysekostnader (Burns 1999: 49). Dette er antageligvis grunner til at det eksisterer upresishet og forvirring rundt terminologibruk forbundet med tegnemedier (Ellis og Yeh 1998: 48; Reid *et al.* 2002: 176). Mangfoldet av ulike materialer gjør det også utfordrende å orientere seg (Helliesen 1993: 14).

I den tidligere databasen til museet ble teknikken i noen av de 15 aulaskissene beskrevet som blant annet fargekritt og fargestift.¹¹³ Bruk av disse to betegnelsene kan ha vært et mulig forsøk på å dele mediene inn i stifter bundet i vannbaserte medier¹¹⁴ (fargekritt) og stifter bundet i voks eller olje, eller en blanding av voks og olje (fargestift). I kunst- og konserveringslitteraturen er den engelske termen *crayons* ofte brukt, når det gjelder teknikk i tegninger (Ellis og Yeh 1998: 48). *Crayon* stammer fra det franske ordet *craie* som betyr kritt, og termen er brukt som betegnelse for ulike tegnemedier, for eksempel pastell, tradisjonelt kritt, grafikkpenn, conté og kull (ibid: 52). I dag blir termen også brukt som samlebetegnelse til de voksbaserte tegnemediene, som *coloured pencil*, *grease pen*, *litographic crayon*, *wax crayon*, *oil pastel* og *paint stick* (Ellis & Yeh 1998: 48). Termen *crayon* kan dermed oppfattes som upresis og informerer for eksempel ikke om bindemiddel eller tilsatte fyllstoffer i stiftene, utenom kritt, som imidlertid ikke er en bestanddel i alle de nevnte mediene. Kritt har også blitt brukt upresist innen kunsthistorien (Gettlein 2010: 148).¹¹⁵

Teknikkbeskrivelsene til de 15 skissene ble noe endret under utarbeidelse av Catalogue Raisonné: Edvard Munch, fra fargestift og fargekritt til kun begrepet fargestift (Woll 2008). Sistnevnte var ment som en samlebetegnelse når tegnemediet er ukjent og ikke mulig å spesifisere (Woll 14.3.2014: personlig kommunikasjon).¹¹⁶ Fargestift blir imidlertid av mange forbundet med voks eller oljebundne tegnemedier (Landro 26.2.2014: Personlig kommunikasjon). Det er imidlertid ikke alltid konsekvent; i Det store norske leksikon skriver

¹¹² Forutsatt at det ikke er tilgang på ikke- invaderende analyser.

¹¹³ Det refereres her til hva som var opplyst i museets tidligere database (OKK) til noen av termene på tegnemediene ble endret i 2008 ved innføring av ny database (TMS).

¹¹⁴ Vannbaserte medier kan variere ut i fra hvilke pigmenter eller fyllstoffer som er brukt som oftest gummi eller stivelsesbaserte, for eksempel fra gummi arabicum eller gummi traganth.

¹¹⁵ For en geolog er kritt kalkstein (Gettlein 2010: 148). Kalkstein består hovedsakelig av kalsiumkarbonat CaCO_3 . Innen kunsthistorien har kritt blitt og blir brukt upresist for tre ulike fintekesturerte steiner (Gettlein 2010: 148). Termen har blitt brukt både til kalsiumkarbonat kalt hvitt kritt, i tillegg har/er to blandingsteiner bestående av karbon og leire og jernoksid og leire blitt kalt henholdsvis sort og rødt kritt (ibid: 149).

¹¹⁶ Så lenge ikke brukte medier er kjent fra for eksempel kunstneren eller analyser.

de at fargestifter inneholder kaolin, pigmenter og et bindemiddel i form av voks eller gummi tragant (www.snl.no).¹¹⁷ Det vil si bundet i voks eller et vannbasert bindemiddel.

Som tidligere antydte, er det i følge flere kilder hevdet at det generelt ofte er vanskelig å skille mellom flere av de ulike typene tegnemedium og noen malemedier, basert på visuelle undersøkelser (Wrubel 2006: 151; Ellis og Yeh 1998: 48; Burns 1994: 49). Wrubel har for eksempel skrevet at limbasert tempera, *distemper*, ofte har blitt mistolket som pastell eller gouache (Wrubel 2006: 151). Thea Burns har i ulike publikasjoner skrevet om vanskeligheten med å skille fra hverandre kritt og pastell (Burns 2007: 2; Burns 2006: 12; Burns 1994: 49). I følge Bonnie Rimer er kasein understudert og har ofte blitt mistolket som tempera (Rimer 3.2.2010: personlig kommunikasjon). En annen side av det som skaper forvirring og upresisheit stammer fra produsentene selv. Produsentene og produktene er, som nevnt, mange og kommersielle interesser setter produktnavn foran informasjon (Godzimirska 31.11.2010: personlig kommunikasjon).

Tidligere analyser av tegnemedier i Munchs kunst

Voks og oljebundne stifter har antageligvis blitt brukt av Munch i flere av hans malerier på papp, men få er analysert. Imidlertid viser funn fra Munch-museets *Skrik*¹¹⁸ (1910) at Munch brukte olje og voksstifter (Singer *et al.* 2010: 9). I *Skrik* (1893)¹¹⁹ som tilhører Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design ble det funnet keratin eller parafinvoks, harpiks og mulig stearinvoks i en av prøvene (ibid: 6). Dette mener Brian Singer *et al.* passer med *grease pencils*, som var en forløper for parafinvoksstifter¹²⁰ (ibid). I tillegg påviste Singer *et al.* stifter bundet i japanvoks og olje, som kunne antyde tidlig bruk av oljebasert pastell (Singer *et al.* 2010: 7).

Ulike innhold i voksbasert medier

Voksbaserte tegnemedier ble mer tilgjengelige fra 1903 (Reid *et al.* 2002: 176). Ellis & Yeh har skjematisk fremstilt de ulike voksbaserte tegnemediene etter når de kom i produksjon (Ellis og Yeh 1998: 50, 51). De nevner for eksempel *coloured pencil*, *grease pencil* og *wax crayon* som produsert før 1910 og at oljepastell kom i produksjon i 1925 (ibid).

¹¹⁷ Gummi tragacanth var lenge det tradisjonelle bindemidlet brukt i pastell (Burns 2006: 13).

¹¹⁸ Woll M 896

¹¹⁹ Woll M 333

¹²⁰ Voksstifter ble videreutviklet på slutten av attenhundretallet med råoljeindustrien, da ble parafin ansett som en egnet voksbestanddel i tegnemedier (Ellis og Yeh 1998: 48).

Bindemidler og fyllstoffer i mediene fra før 1910 er også nevnt i Ellis og Yehs fremstilling (ibid). *Coloured crayon pencil* skal inneholde kaolin, talkum og kritt bundet i cellulose etere, plantegummi og voks (parafin, bi eller karnaubavoks). *Wax crayon* skal inneholde voks (parafin, mikroskrystallin, polyetylen, bi, ozokeritt¹²¹, japan, eller karnaubavoks). *Grease pencils* skal inneholde voks (parafin, bi, ceresin, karnauba eller spermasettvoks) og talg fra okse eller får, kaliumkarbonat, stearinsyre og talkum eller kaolin (Ellis og Yeh 1998: 50, 51).

Pigmenter og fyllstoffer

Imidlertid er det ikke bare bindemidlene i tegnemediene som er av interesse. For å lage et tegnemedium, som skal ha en fast form og farge, kreves det også tørre pigmenter og fyllstoffer. Pigmentene som er brukt er de samme som finnes i akvarellfarger og oljemaling (Shelly 1989: 34).¹²² Noen organiske lyssensitive pigmenter¹²³ skal ha blitt populære i pastell blant andre gjennom Pierre Puvis Chevannes (1824-1898) fra 1870 årene (ibid:35).¹²⁴ Syntetiske pigmenter skal ha vært populære fra de kom i produksjon til ca. 1940, da kom flere advarsler om at også mange av disse var flyktige (ibid).

Fyllstoffer er i større grad nevnt i forbindelse med pastellfarger. Fyllstoffer er tilsatt både fordi de enten kan besitte ulike egenskaper, som bestemmer for eksempel hardhet eller mykhet, dekkevne, opasitet, valør eller de er tilsatt av økonomiske grunner (Mayer 1991: 143; Shelley 2006: 2). Fyllstoffene er hvite i fargen og brukte fyllstoffer har endret seg gjennom historien. Frem til midten av 1800-tallet kunne de bestå av gips, tobakkspipe-leire, alabast eller knuste skjell (Shelley 1989: 36). Med den industrielle revolusjonen kom andre fyllstoffer i bruk på slutten av 1800-tallet. Da ble for eksempel magnesium, kalsiumsulfat, oksider av vismut eller sulfat i tillegg til magnesiummineraler brukt. Disse ble erstattet noen år senere av sink og kaolin (ibid).

Ved å velge fargestifter som medium har Munch hatt mulighet for mer spontan og rask utførelse av komposisjon og form i skissene. Fordi skissene ikke er grunderte er de sugende og ikke ideelle å male på. Med tegnemedier har det for eksempel vært mulig å lage

¹²¹ Ozokeritt er også kalt jordvoks og blanding av naturlige faste hydrokarboner. I renset og bleket form blir produktet kalt ceresin.

¹²² Pastellfarger inneholder ofte blandinger av to eller flere pigmenter sammen med en base som er hvit (Shelly 1989: 35).

¹²³ For eksempel karmin og karmosin rødt (Shelly 1989: 35).

¹²⁴ Edgar Degas (1834-1917) skal ha vært bevisst på de flyktige fargene og valgt og ikke bruke disse (Shelley 2006: 36).

kontinuerende former uten å ha vært avbrutt av og stadig ha måttet dyppe penselen i maling (Sandbakken 2011: 322).

Tegnemediene brukt i de 15 skissene har store likheter visuelt. Som allerede nevnt, så er det vanskelig å skille ulike tegnemedier basert på utseende, dersom Munch kan ha brukt flere enn en type medium. Fargene er antageligvis nedbrutte, mediene mister da sannsynligvis noen av sine karakteristika, som eventuelt kunne ha gitt en ide om det var brukt voks eller stifter bundet i vannbaserte bindemidler. Imidlertid er det sannsynlig at Munch kan ha brukt voks eller oljestifter eller en blanding av de to. Tørrere stifter, altså stifter bundet i vannbaserte medier, kan ha vært vanskeligere å få til å feste til de ugrunderte lerretene (påvist etter enkel test med ulike medier på upreparert bomullslerret med 23 x 22 tråder per cm²). Uansett valg av type tegnemedium så vil antageligvis en for-preparering av lerretene ha gjort det enklere å tegne på slike lerreter.

Kasein, lim, olje og blandingsteknikker

Skissene inneholder ikke bare tegnemedier, 12 av skissene inneholder også ett eller flere strøk med medium som er påført med pensel, for eksempel en oljemaling (ill. 8 og ill. 9). I noen områder ligner disse strøkene oljemaling fordi det er synlige penselmerker og karakteristiske mørkere ringer i lerretsområdet rundt noen av strøkene (ill. 8 og ill. 10). Dette er sannsynligvis olje som har trukket ut i lerretet og er et fenomen som ofte blir kalt *halos* (Reid et al. 2002: 177).¹²⁵ *Forskerne I* og *Nakne figurer II* som har mer dekkende malingslag har bare enkelte former og innslag av tegnemedium. Det er også vanskelig å bestemme type malemedium Munch har brukt, uten at det er foretatt analyser av malingslagene. Særlig i *Forskerne I* varierer tykkelse og utseende på fargelagene noe, uten at de ligner karakteristiske typer maling (ill. 3, ill. 11, ill. 12 a,b, ill. 13 og ill. 14).

En tidligere nevnt våtkjemisk prøve ble utført i 1987 av Thurmann-Moe. Han antydte at prøven fra et fargelag fra *Nakne Figurer II* kunne være kasein. Dette var basert på prøvens reaksjoner med kalilut (kaliumhydroksid) blandet med etanol (Thurmann-Moe 1987: TMS).

I 1915 skriver Ravensberg at det tredelte utkastet *Alma Mater* var malt på alminnelig lerret med limfarger (LR 562). Det er sannsynlig at Ravensberg mente skissen som også i dag er

¹²⁵ Fettstifter kan også lage *halos* dersom de er nedbrutte og har blitt utsatt for varme (Reid et al. 2002: 177).

tre delt og kalles *Forskerne I*.¹²⁶ Det er imidlertid mer usikkert om Ravensberg har differensiert mellom eventuell limfarge eller for eksempel kaseinfarge. Det er også usikkert om han har vært opptatt av Munchs bruk av blandingsteknikker som for eksempel egg og kasein og egg og dyrelim, som er eksempler på noen av blandingsteknikkene som er funnet i flere av de opprullede aulaskissene (Sandbakken og Tveit 2012: 261).

Brukte fargetoner

Tegnemediene som er brukt domineres av mørke og mellom-blå toner og er representert i alle skissene. I tillegg til blått er farger som lys og mørk gul, hvit, rosa, rød, grønn og brun brukt. Strøkene som er malt med pensel er grønne, røde, gule, hvite eller blå. I den ene skissen som er utført med mer dekkende malte strøk (*Forskerne I*) er de fleste farger representert; i tillegg til fargene som er nevnt fra de andre skissene er lilla, en grønn og ulike rød/rosa farger representert. I *Nakne Figurer II*, som også har større deler med dekkende malte strøk er for det meste utført i lys- og mørkeblå, hvit og rosa toner og enkelte røde og gule strøk.

4.3 Sekundære materialer, behandlingshistorikk

Det foreligger minimalt med dokumentasjon angående tidligere behandling av de 15 skissene. En av grunnene til det kan være at skissene ikke har mye behandlingshistorikk. Under intervju bekreftet Thurmann-Moe at det var utført minimalt med behandling av aulaskissene fordi det ikke var tid fordi mange andre malerier også skulle behandles (Thurmann-Moe 24.8.2008: Intervju). Imidlertid ble noen relativt invaderende behandlinger foretatt da alle de 15 skissene ble spent opp på blindrammer mellom 1948-1966.¹²⁷ Informasjon om denne behandlingen kan leses som korte og nøkterne beskrevne rapporter i Munch-museets database (TMS). Alle lerretene ble spent opp på samme type utkilbare blindramme, den har årringer som likner furutre eller eventuelt gran (Edlin 1994: 61). De sekundære blindrammene har not og fjær skjøter med to kiler i alle hjørner.¹²⁸

¹²⁶ Motivet Alma Mater har to versjoner, en når guttene i venstre del av motiver er med og en når de ikke er det. Munch var ubesluttet når det gjaldt hvilken motivversjon han ville ha hengende i Universitetets aula og byttet derfor mellom de to versjonene. For å skille mellom de to, har versjonene der guttene er med i motivet blitt kalt *Forskerne*.

¹²⁷ Mange av maleriene i samlingen ble spent opp på nye blindrammer i denne perioden. Under krigen hadde mange av Munchs malerier blitt tatt av blindrammene sine og rullet sammen eller lagt i store ekser for evakuering (Thurmann-Moe 21.3.2014: intervju).

¹²⁸ Mange malerier i Munch-museets samling er spent opp på liknende type blindrammer.

Fem av skissene ble også dublert da de ble spent opp på blindrammer. I følge Munch-museets database (TMS) ble det brukt ulike dubleringsmaterialer som Henkellim A 22ED, rugmelsklister og arabinklister (vedlegg 1, s. 132).¹²⁹ Dubleringslerretene ble ofte påført harelím for at ikke dubleringsklisteret skulle trenge gjennom lerretsveven (Thurmann-Moe 24.3.2009: [intervju]). Klister/ím-blandingene ble ofte tilsatte blyhvitt og noen ganger sinkhvitt (ibid). I eldre konserveringsrapporter fra 1950-1956 blir det nevnt at dubleringsklistrene ble tilsatt alun (Munch-museets arkiv). Det er uvisst om denne praksisen fortsatte, opphørte eller om den er utelatt å nevne i senere rapporter fra 1960-tallet. *Forskerne I a, b og c, Historien II, Nakne figurer I, Astronomi og Historien III* er skissene som ble dublert. De seks dubleringslerretene er antageligvis i lín og med grovere vev (tykkere tråder og mindre trådtetthet) enn originallerretene.

Ettersom Munch-museet åpnet først i 1963, ble fire av skissene mest sannsynlig dublert i vinteratelieret på Ekely.¹³⁰ *Forskerne I a, b g c* ble mest sannsynlig dublert i Munch-museet. I følge Thurman Moe skal dubleringene ofte ha foregått i en presse. Lerreter som var for store for pressen ble rullet sammen og deretter rullet ut meter for meter mens lerretet ble presset til dubleringslerretet med strykejern (Thurmann-Moe 24.3.2009: [intervju]).

Sannsynligvis som en del av oppspenningen ble, som nevnt, alle kantene dekket med brun papirtape. Dette har blitt observert på malerier ved flere andre europeiske museer, og var antageligvis vanlig (Stevenson¹³¹ 2003: personlig kommunikasjon). Thurmann-Moe har forklart at det var Dørje Haug (1888-1952)¹³² som instruerte ham til å påføre dette på alle kantene (Thurmann-Moe 24.3.2009: [intervju]). Dette ble ansett som en beskyttelse av de sårbare kantene, særlig for de mange uinnrammede maleriene og skissene. Mange malerier og skisser "ble lagret som bøker i hyller i vinteratelieret på Ekely" (ill. 15) [Thurmann-Moe 24.3.2009: intervju]. Flere malerier ble transportert til utstillinger¹³³ og ble stilt ut uten annen form for beskyttelse langs kantene (ibid). Det ble antageligvis brukt ulike typer lím og

¹²⁹ Dubleringslerretene ble ofte påført et strøk med harelím for at ikke dubleringsklisteret skulle trenge gjennom veven [Thurmann-Moe 24.3.2014: intervju]

¹³⁰ Etter Munchs død, kom registreringsarbeidet i gang på Ekely i 1946 (Langaard 1951). Det ble laget et restaureringsatelier i Munchs vinteratelier (Thurman Moe: personlig kommunikasjon).

¹³¹ Lesley Stevenson er senior malerikonservator ved Nasjonal Galleriene i Skottland.

¹³² Dørje Haug gikk i lære ved Pinakoteket i München i to år for å bli konservator ved Nasjonalgalleriet i Oslo, hvor han ble ansatt i 1922 (Rød 1997: 55). I 1946 fikk han ansvaret for konserveringsatelieret som ble opprettet i vinteratelier på Ekely etter Munchs død (ibid: 57).

¹³³ Etter Andre Verdenskrig ble det for eksempel laget en stor Munch-utstilling i København i 1946, deretter ble det lånt ut 42 Munch-malerier og 101 grafiske verk fra OKK til en vandreutstilling i amerikanske byer i 1950 (Langaard 1951: 65-72).

overskuddet av lim som har gått langt utenfor kanten av papiret vitner om at dette muligens ble gjort raskt og med uten tanke på skadene overskuddslim kan føre til (Syversen 2014: artikkel til fagfellevurdering).

På et senere tidspunkt, etter oppspenningene, ble alle de 15 skissene rammet inn med enkle pynterammelister som i de nevnte konserveringskortene fra 1950-tallet ble kalt baguette-lister (Munch-museets arkiv). Disse listerammene ble spikret gjennom lerretskantene inn i blindrammene.

5. Analyse- og undersøkelsesresultater av lerretene og fargelag

Fiberanalyser

Fibre som var festet til to malingsflak, P15 og P16a, fra *Forskerne I* c ble undersøkt under mikroskop eller i SEM-EDS og SEM-EDX.¹³⁴ Fibrene fra begge malingsflakene hadde tilfeldige vridninger som er karakteristisk for bomullsfibre (Landi 1998: 21; The Textile Institute 1985: 74). Fibrene hadde også typiske fortykninger i kantene og en fordypning i midten av fibret (ill. 16), dette er også karakteristisk for bomullsfibre (Pinna *et al.* 2009: 44). Det ble også tatt ut to fibre fra et hullområde i *Sittende naken mann* og et fra baksiden av *Forskerne III*. Fibrene viste seg å være bomull basert på de nevnte karakteristikaene (ill. 17 og ill. 18).¹³⁵ I tillegg ble fibertykkelse målt i SEM-EDX fra et fiber fra *Forskerne I* (P16a), det var 20 mikron tykt (ill. 19).¹³⁶

Mikroskopundersøkelser av lerreter

Ekspoonerte lerretsområder fra *Nakne figurer II* ble undersøkt under Hirox mikroskop (20-400 X). Det ble også utført mikroskopanalyser av lerretene i *Forskerne II*, *Geografi og Historien I* med binokulart mikroskop (20-40 X). Tre ulike områder ble valgt ut i hver skisse, fra ytterkantene til lenger inn i motivdelen der det var ekspoonerte områder.¹³⁷ Det var ikke mulig å påvise synlige lag fra en eventuell limdrenking i noen av de fire lerretene. Det var heller ikke noe som lignet rester etter et slikt lag verken i overflaten eller i maskeåpningene, det ble heller ikke observert på lerretenes bakside. Imidlertid ble flere hvite krystaller observert oppå og i mellom fibrene og i maskeåpningene (ill. 20, ill. 21).

UV-lys undersøkelsene av tre lerreter

Nakne figurer II, *Astronomi*, *Mennesker i solen I* og *Geografi* ble undersøkt og fotografert i UV-lys. Det viste seg at det var ingen fluorescens i de bare lerretsområdene i *Mennesker i*

¹³⁴ Fibrene ble ikke fjernet fra malingsflakene fordi det kunne ha ødelagt de ømtålige malingsflakene.

¹³⁵ Lerretet i *Forskerne III* var tidligere registrert som lin, etter denne fiberanalysen er dette nå endret i TMS.

¹³⁶ Det er ikke mulig å vite om den målte tråden var en rennings eller innslagstråd. I noen lerreter kan renningstråder være jevnere enn innslagstråder fordi de må kunne tåle stresset under vevingen, dermed kan innslagstrådene være tykkere og mer ujevne (Wetering van de 2000: 99). I fint vevde lerreter kan det imidlertid være vanskelig å se forskjell (ibid: 101).

¹³⁷ Det var ønskelig å se om en eventuell limdrenking var tilstede og om den i så tilfelle ville ha vært mer nedbrutt i kantene enn i andre områder mer mot midten av motivet.

solen I (ill. 22). Imidlertid var det en tendens til at overflatefenomenene ble mørkere i det ultrafiolette lyset. Imidlertid ble også skitt og rustflekker i de samme områdene mørkere i fargen, derfor ble ikke den eventuelle fluorescensen tillagt viktighet. En tradisjonell proteinholdig limdrenking kan for eksempel gi en blåvit fluorescens (Plahter og Plahter 1999: 55). Det ble heller ikke observert fluorescens i lerretsområder som ble undersøkt med håndholdt Reskolux UV365 LED Set¹³⁸ i *Forskerne I*, *Forskerne II* og *Forskerne III*.

Eksperiment: vedheft-test på ubehandlede bomullslerreter

De empiriske erfaringene konkluderte med at det var lett å tegne med de to tegnemediene på det ubehandlede lerretet (Cotton Duck 600) (ill 23 og ill. 25). Det ble imidlertid observert at pastellfargene hadde dårlig vedheft til lerretene (ill 27). Vedheften ble testet ved lett berøring med fingertuppene. Farge svertet umiddelbart av fra pastellfargene, i mindre grad fra oljepastellene. Pigmenter fra pastellstiftene begynte også å drysse av seg selv, og etter noen dager lå det små ansamlinger av de ulike fargene igjen på bordflaten under. Imidlertid ble det værende pastellfarge igjen i lerretet etter vedheft-testen. Den ene prøyssiske blåfargen trakk igjennom lerretsduken og syntes på baksiden (ill. 24). Ved sammenligning mellom de to påførte tegnemediene og originalskissenes tegninger, viste de tørre pastellfargene størst likhet.

XRF-målinger av fire lerreter sammenlignet med fire nye bomullslerreter

Det ble utført XRF-målinger (Alle XRF-målinger: vedlegg 6, s. 144-153) av eksponerte lerretsområder med den håndholdte XRF-en i tre skisser: *Forskerne Ia* og *b Nakne figurer II* og *Mennesker i solen I*. En av de tre skissene var dublert (*Forskerne I*). I denne skissen viste målingene høye forekomster av sink (Zn), i tillegg til forekomster av svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca) og noe jern (Fe). I de to skissene som ikke var dublert, ble de samme elementene funnet, men mengden av målt sink var noe lavere. I tillegg ble det påvist noe høye forekomster av kalsium (Ca), særlig i *Mennesker i solen I*. Disse resultatene stemte også overens med Molabs XRF-målinger gjort i skissen *Astronomi*. Den er dublert og målinger fra lerretsområder antydte høyere forekomst av Zn enn i *Mennesker i solen I* som ikke er dublert (Miliani 2009: personlig kommunikasjon). I Molabs målinger var også sink (Zn), kalsium (Ca), kalium (K), svovel (S) og jern (Fe) målt i de to skissene (vedlegg 6, tabell 5, s. 153).

¹³⁸ Levert av Willard: Conservation Equipment Engineers.

Med den håndholdte XRF-en ble det ikke antydnet at det var betydelige forskjeller i mengdene av de påviste grunnstoffene når det ble målt i områder hvor det var krystaller og hvor det ikke var synlige krystaller.

Fire nye lerreter og kirurgisk bomull

Alle de fire nye lerretene inneholdt to eller flere av de nevnte grunnstoffene som ble funnet i Munchs lerreter (Ca, K, S og noe Fe), men i betydelige mindre mengder.

1. Cotton Duck 600, kunstlerret, noe stivere enn de andre: Fe, S, Cr
2. 4429 råvare fra tekstilfabrikk i Kina: K, Ca, Cl, S, Al, P
3. 4875 vasket og halvbleket (brukes til trykk): Ca, Al, S, P
4. 4553 ubleket, men krympe- og krøllfribehandlet: Cl, Ca, Al, S

pH-målinger av to fiberprøver

De to fibrene tatt fra *Forskerne Ia* og fra *Mennesker i solen I* ble målt etter den mekaniske ristingen. Overraskende viste begge prøvene nært opp mot nøytral pH. Prøven fra *Forskerne Ia* viste pH 7,10 og den andre prøven 6,98 pH. Temperaturen i prøvebeholderne var 27,9 og 22,9°C.

Laboppbygging og pigmenter

Alle malingsprøvene, også som tverrsnitt, ble undersøkt i stereomikroskop før de eventuelt ble undersøkt videre med SEM-EDX/EDS, XRF eller Mid-FTIR. Ikke alle mikroskopobservasjonene vil bli kommentert her, dersom kun SEM-EDX/EDS-analysene ble ansett som interessant informasjon til denne oppgaven.

Forskerne I

Grundering

Det kunne ikke påvises grunderingslag i noen av de 6 undersøkte malingslagene fra *Forskerne Ia* og c, det stemte med de visuelle undersøkelsene gjort av hele skissen tidligere.

Grønn, P15

EDS- målingene fra det upreparerte malingsflaket P15 (grønn) viste kun små forekomster av krom (Cr) i en av fem punktanalyser i flakets tverrsnitt. Det var også påvist forekomster av svovel (S), kalsium, aluminium (Al), magnesium (Mg), kalium (K) og klor (Cl) (vedlegg 9, s. 161). I tillegg ble det gjort to punktmålinger i overflaten av flaket, de påviste grunnstoffene

tilhørte antageligvis de hvite overflatefenomenene. Det ble kun observert et lag i flakets stratigrafi.

Grønn, P16

Det grønne malingslaget, P16, ble undersøkt fra både fremsiden og baksiden i SEM-EDX. Overflaten viste seg å være betydelig mer grovkornet, eller porøs, enn undersiden (ill. 27 og ill. 28). Etter at det var laget tverrsnittet av P16a ble det undersøkt i mikroskop. Det ble tydelig, særlig i UV-lys, at stratigrafien av flaket inneholdt et tykt u-pigmentert lag mellom to grønne fargelag (ill. 29). Det semi-transparente laget ble målt til å være 10 mikron tykt. I EDX ble de to grønne lagene tolket som sinkkaliumkromat (Zn, O, K, Cr) blandet med baryttpartikler (Ba, S og O) og sinober (Hg, S) (vedlegg 9, s. 162). I det transparent laget i midten av stratigrafien ble det påvist sinkkaliumkromat, sinkoksid og kvikksølv.

Blå/hvit, P17

Den blå/hvite prøven inneholdt også lite pigmenter fordi området besto av små mengder pigmenter påført oppå et tykt lim-lignende lag (ill. 30). Pigmentene som ble påvist var ultramarin (Na, Al, Si, O og S) og sinkhvitt (Zn, O). Noen pigmentkorn med sinober (Hg, O, S) ble også påvist på undersiden av flaket og kan antyde at blå/hvit ikke var den første fargen i dette området. EDX analyser av det lim-lignende laget påviste karbon (Co), svovel (S) og klor (Cl), i tillegg ble det påvist små mengder kalium (K) og sink (Zn). Analysestrålen penetrerte ca. 20kV, som er relativt dypt, derfor kan det antas at de påviste grunnstoffene tilhører det lim-lignende laget. Det ble observert store mengder skorpelignende områder i overflaten, flere krystaller ble også observert. Overflaten av flaket vil bli diskutert i kapittel 8.

Rød/brun, P18

Det rød brune prøven var tatt ut fra hårgrensen til gutten som lener seg mot Alma Mater-figuren (ill. 31). I tverrsnittet (P18), viste stratigrafien fire lag (ill. 32). I tillegg var semitransparente overflatepartikler tydelige som et femte lag (ill. 34). De krystalllignende partiklene lå som et kornete hvitt/semitransparent lag over det brune laget. Det brune laget lå over et tynt hvitt lag som igjen lå over et tykt u-pigmenterte mellomlag. Helt underst lå et blått fargelag. Under mikroskop i UV-lys, viste overflatelaget ingen fluorescens (ill. 33). Det upigmenterte mellomlaget viste blå fluorescens. I EDX ble det brune pigmentet tolket som et jordpigment (C, O, Fe, Na, Zn, Mg, Al, Si, S, K, Ca). Det blå laget var sannsynligvis

ultramarin og det hvite laget besto av sinkhvitt pigment. Overflatelaget viste kun topper for oksygen, karbon med små mengder aluminium, silikon og silisium.

Lilla, P26

Malingsflaket, P26 var tatt fra og et lilla fargelag i området rundt bena til den sittende gutten. Den lilla fargen bestod sannsynligvis av en blanding av tre røde pigmenter blandet med et blått pigment (ill 35). En stor partikkel fluoriserte lyslilla, andre kantede relativt store partikler gikk fra å ha en mørk rød til klar lys rød farge som var noe transparent i UV-lys (ill 36). Flere av partiklene i P26 var store. Dette malingslaget hadde ikke et semi-transparente mellomlag.

I EDX ble de blå pigmentkornene i P26 tolket til å være ultramarin (Na, Al, Si og S). De røde pigmentene ble tolket som sinober (Hg, O), en organisk rød som ikke var mulig å identifisere med EDX (C, O) og et pigment som kunne minne om et lakkpigment. Det sist nevnte var grunnet utseende, med typisk kantede former (Kirby *et al.* 2005: 71, 79).¹³⁹ Det ble påvist aluminium (Al) og natrium (Na), i tillegg til svovel (S), kalium (K) og sink (Zn) i det sist nevnte området (vedlegg 9, s. 165).

Det ble foretatt en mapping av P26 i SEM-EDX. Distribusjonen av aluminium, sink, magnesium, svovel og kalsium ble målt (vedlegg 9, s. 165). Aluminium var sentrert i den store partikkelen som ble tolket som et mulig lakkpigment, sink viste moderat jevn spredning i hele tverrsnittet, det samme gjorde kalsium, magnesium og silisium, men i varierende mengder.

Grønn, P28

Et liknende u-pigmenterte lag, som ble observert i P16 og P18 ble også observert i P28 (ill. 37). Dette flaket var fra det samme grønne området som P16. Selv om P16 og P28 var tatt ut fra samme område av motivet, som sannsynligvis forestiller grønt gress, var det likevel 110 cm distanse mellom uttaksområdene. I alle de tre tverrsnittene med upigmenterte mellomlag, fluoriserte laget blått i UV-lys under mikroskop. I SEM-EDX ble det påvist magnesium, kalsium, sink og svovel i dette laget. Det grønne topplaget inneholdt sinkkaliumkromat (Zn, K og Cr) (vedlegg 9, s. 167).

¹³⁹ Røde lakkpigmenter ble først og fremst brukt i perioden ca. 1100-slutten av 1700-tallet (Kirby *et al.* 2005: 71).

Mid-FTIR og XRF

Astronomi og Mennesker i solen I

Ved hjelp av Mid-FTIR- og XRF-analysene ble resultatene tolket slik at i *Astronomi* ble det identifisert sinober (Hg, Fe, Cl), ultramarin, prøyssiskblå og kull (Miliani 25.5.2009: personlig kommunikasjon). Kun en gulfarge, en mørkere gul, i de to skissene inneholdt noe kadmium (Cd) og svovel (S) og kunne indikere bruk av kadmiumgul. Alle pigmentene ble ikke analysert, så dette er ikke en fullstendig liste. Det ble påvist svovel (S), klor (Cl), kalsium (Ca) kalium (K) og jern (Fe) i mange av målingene i hele skissen, disse grunnstoffene hører kanskje til underlaget (vedlegg 6, s. 153).

I *Mennesker i solen I* ble det i tillegg til de nevnte pigmentene som ble antydnet i *Astronomi* antydnet XRF-analysene en emeraldgrønn farge. Det ble basert på funn av kobber (Cu) og arsenikk (As). I et rødt fargelag som minnet om oljemaling ble det funnet høye forekomster av kvikksølv (Hg), noe som indikerte sinober. I tillegg viste målingene at gule fargestreker, både de lyse og mørkere gule inneholdt krom (Cr) og antydnet bruk av kromgul. En oransje farge inneholdt både krom (Cr) og kvikksølv (Hg) og antydnet at fargen var en blanding av sinober og kromgul (vedlegg 6, s.154-156).

Det ble funnet høye forekomster av sink (Zn) i alle målingene fra *Astronomi*, noe mindre og ikke i alle målingene fra *Mennesker i solen I* (Milliani 25.5.2009: personlig kommunikasjon). I begge skissene ble det også målt kalsium (Ca) i mange områder av begge skissene, men høyere og hyppigere forekomst av grunnstoffet i *Mennesker i solen I*. I tillegg ble det målt svovel (S) og kalium (K) både i ulike fargelag og bare lerretsområder i begge skissene. Det ble ikke påvist magnesium i noen av XRF-målingene (vedlegg 6, s. 153-157).

Bindemidler

Mid-FTIR

Med analysemetodene som Molab benyttet var det ikke mulig å bekrefte detaljer rundt brukte bindemidler. Miliani mente imidlertid at Mid-FTIR-målingene indikerte lipider i ett hvitt fargestrøk og kaolin¹⁴⁰ i tre gule og et hvitt fargestrøk i *Mennesker i solen I* (Miliani 2008: personlig kommunikasjon). (Vedlegg 7, s. 156)

¹⁴⁰ Kaolin er hvit plastisk leire, den består hovedsakelig av mineralet kaolinitt (Aluminiumsilikat).

FTIR

P16a

I det tykke mellomlaget i prøve P16a som ble analysert i FTIR-ATR ligger amidvibrasjonene i spektrogrammet mellom 1644 and 1550 cm⁻¹. Det indikerer proteiner (vedlegg 10, s. 173). Det var en klar topp for svovel i prøven (1050-1150 cm⁻¹). Toppen for lipidandeler var ganske liten, rundt 2900 cm⁻¹. Som kontrollanalyse ble prøven også målt med transmisjons-FTIR, analysene bekreftet indikasjon på protein. Det ble foretatt en sammenligning mellom resultatet og ulike bindemidler i IRUG-databasen (vedlegg 10, s. 174) (www.irug.org), funnene viste seg å passe for kasein (Sandbakken og Boon 2014: artikkel til fagfelleevaluering).¹⁴¹

P21, 22 og 23

FTIR-analysene som ble utført av Art Access and Research i London viste at de to malingsprøvene fra *Nakne Figurer II*; fra et lyseblått, P21, og et lys-rosa fargelag, P22 var proteinbaserte. I tillegg mente de at begge prøvene inneholdt bariumsulfat og kalsiumkarbonat, altså kritt (vedlegg 10, s. 175-177).¹⁴² I den hvite malingsprøven fra *Geografi*, P23, ble det også antydnet bruk av et proteinbasert bindemiddel, det ble også funnet bariumsulfat og kalsiumsulfat-dehydrat, gips, i den sist nevnte prøven.

DTMS

Malingsprøve P16b fra *Forskerne I a* ble analysert i DTMS. Dette flaket var ikke støpt. FTIR-analysene av P16a ble styrket ettersom innholdet i P16b også ble tolket å være proteinbasert, men ikke et dyrelim (Boon 2013: personlig kommunikasjon).¹⁴³ Resultatet viste seg å likne referanse for kasein fra IRUG-databasen.

GK-MS

De to prøvene som ble tatt ut kjemisk fra en gul fargestrek i *Oldinger i sollys* (A1 og A2) viste seg å være like i innhold.¹⁴⁴ Prøvene ble tolket som et voksaktig material med animalsk og

¹⁴¹ I GK-MS kan kasein kjennetegnes ved høyt innhold av glutammisk syre (Pinna *et al.* 2009: 87).

¹⁴² Prøvene skulle også ha vært analysert i GK-MS, men analysemaskinen deres var ødelagt og GK-MS ble aldri gjennomført hos Art Access and Research.

¹⁴³ Hydroksyprolin er en aminosyre som er en bestanddel i kollagen, men ikke i andre proteinbaserte bindemidler. Tilstedeværelse av hydroksyprolin kombinert med høy tilstedeværelse av prolin og glysin kan tyde på funnet dyrelim (Pina *et al.* 2009: 55).

¹⁴⁴ Det ble tatt ut prøvemateriale til to prøver fra samme nærliggende område for å være sikker på at det ble nok materiale for identifisering.

vegetabilsk opprinnelse. Tolkningen av lipidinnholdet var ikke enkelt ettersom det besto av både monokarboksylier, alkoholer, alkaner og små mengder av 1-2 dioler og stereoler. Scibec-gruppen påviste likevel drøvtyggerfett, altså lanolin, på bakgrunn av enkelte molekylmarkører og fettsyreforholdene. De foreslo også innhold av en vegetabilsk olje i begge prøvene (Columbini *et al.* 2012: analyserapport) (vedlegg 12, 178).

En malingsprøve fra et rødt område fra *Nakne Figurer II* (P27) ble også analysert hos Scibec-gruppen med GK-MS. De mente de kunne påvise en tørrende olje på grunn av forholdet mellom palmitin og stearinsyre (p/s), altså linolje (vedlegg 12, s. 178). Prøven var imidlertid for liten til å kunne utdypes mer detaljert.

Malingsprøven fra det tynne mediumrike laget fra *Forskerne Ia* (P36) (ill. 11) ble påvist som dyrelim grunnet identifikasjon av aminosyrer med innhold av hydroksyprolin. Det ble også identifisert spor av en tørrende plante-basert olje.¹⁴⁵ Det var ikke mulig å identifisere typen olje fordi mengden var for liten.

¹⁴⁵ Resultatene av denne prøven var ferdig like før oppgaven gikk i trykken, rapporten som fulget var uferdig, kun med beskrivelse av analyseresultatet, men uten en GK-MS-graf fra analysen.

6. Skissenes tilstand og ulike nedbrytningsfaktorer

Dette kapittelet beskriver skissenes generelle tilstand i tillegg til enkelte utførte analyser som har belyst noen av nedbrytningsfenomenene i skissene. For en stor del vil kun tilstand som kan relateres til hvite overflatefenomener eller som belyser tidligere oppbevaring beskrives. Deler av teksten som omhandler hvite overflatefenomener vil bli utdypet og bli beskrevet i Kapittel 7.

6.1 Lerretene

Det er flere faktorer som kan ha påvirket nedbrytningen av de 15 bomullslerretene. Fotokjemi, oksidasjon, og hydrolyse er faktorer som også kan være avhengige av hverandre og som i tillegg kan katalysere andre typer nedbrytning, for eksempel av biologisk art (Landi 2001: 17,18). I tillegg har tidligere oppbevaring, håndtering, mulig opprulling, utrulling og tidligere behandling også hatt innvirkning på skissenes tilstand.

De 15 lerretenes strukturelle tilstand er forholdsvis god i forhold til at det er få hull, rifter og deformasjoner. Foruten noen få hull i lerretene vitner ikke tilstanden om for eksempel tidligere opprulling.¹⁴⁶ I skissene som ennå er opprullet var det flere brette- og foldemerker i lerretene, dette er det ikke spor etter i de oppspente lerretene. Om det er grunnet at eventuelle folde- og bretteemerker ble strukket ut av oppspenningen, om lerretene ble planert før oppspenningene, eller om mange av disse skissene aldri var opprullet, er vanskelig å vite.¹⁴⁷ Imidlertid er det dokumentert at i hvert fall *Forskerne I* og *Mennesker i solen I* var lagret på ruller i 1959 (Ekely-rapporter: Munch-museets arkiv). Mange av konserveringsrapportene fra denne tiden er ennå håndskrevne og ikke digitaliserte eller maskinskrevne. Det er mulig at flere skisser kan ha vært lagret på ruller før de ble spent opp og at informasjonen ikke ble notert, er oversett eller at den er mistet.

¹⁴⁶ Noen av de nevnte hullene er reparert, antageligvis samtidig med oppspenningene. I skissene som er dublet er ikke hull og rifter reparert, men de er sikret ved hjelp av dubleringen.

¹⁴⁷ Thurmann-Moe mener at skissene ikke ble planert før de ble stukket til blindrammene, han mente det ikke var tid til slikt [Thurmann-Moe 23.4.2008: intervju]

Lyseksponering

Alle lerretene gir inntrykk av å være skitne og i tillegg misfarget i ulike grader, med hensyn til flekker, farge og valør i lerretene. Noen er lysere og andre er mørkere. Noen er gul/brune, noen grå og noen beige i fargen (ill. 4 og ill. 6). Mørkning og endring i fargetonene skyldes antageligvis i større grad aldring og nedbrytning, enn skitt. Lyseksponering er en faktor som bryter ned lerretene. Brun og gul misfarging er typisk for nedbrytning av polymerkjedene i cellulosen eller av proteinet som bygger opp fibrene (Landi 2002: 36). Det er særlig de ultrafiolette strålene som bryter ned molekulære bånd (ibid: 18). Bomulls fibre misfarges av lys saktere enn lin, men bomull vil likevel raskere nå lav mekanisk styrke fordi fibrene i utgangspunktet er svakere (Villers 1981: 10). I en annen aulaskisse, *Geniene*,¹⁴⁸ er det et tydelig horisontalt skille hvor den øverste delen av lerretet er lysere, mens resten har en gul/brun farge (ill. 5). Dette kan tyde på at den øverste delen av lerretet har vært beskyttet for lyseksponering for eksempel under en periode hvor skissen kan ha vært oppbevart utendørs.

Fuktighet

Som tidligere nevnt har også noen av de 15 lerretene fibre som stikker opp fra overflaten, noe som gjør at de virker fløyelsaktige eller mykere. Det er en tendens til at de sist nevnte lerretene er mer gul/brune i fargen. Lerretene som er grå i fargen virker tynnere og sprøere. Bomullstekstiler er mer hygroskopiske enn lin (Kirsh og Levinson 2000: 33). Dermed har bomull dårlig motstandskraft ved eksponering for fuktige omgivelser (Landi 2002: 33). Under fuktige forhold vil lerretenes mekaniske styrke svekkes og tekstilene vil bli sprøere, tynnere eller mykere (ibid). I arkeologiske tekstiler har det blitt vist at etter utgravning har varierende luftfuktighet hatt større innvirkning på nedbrytning enn oksidering og lyseksponering (Landi 2002: 19). Rask variasjon mellom dehydrering og fuktig tilstand gjorde stor mekanisk skade i de arkeologiske tekstilene (ibid).

Forurensing

Nedbrytning og aldring som har ført til misfarging og generell nedbrytning av lerretene kan også være delvis relatert til forurensing. Svoveldioksid er den mest kjente formen for atmosfærisk forurensing (Hedley 1993: 66). Nedbrytning eller skader relatert til forurensning er som regel sterkt knyttet til høy RF og det er først da den gjør skade (Singer og Lidie 2005: 11; Wyzga og Lipfert 1985). Ved kontakt med fuktighet kan svoveldioksid endres til

¹⁴⁸ Woll M 860

svovelsyre (Hedley 1993: 66; Singer og Liddie 2005: 11). Når cellulosen blir syreangrepet, kan det blant annet føre til hydrolyse som vil bryte ned et tekstil (Landi 2002: 19).

Temperatur

Som nevnt i innledningen kan skissene ha vært utsatt for svært lave temperaturer, og praktisk talt ha vært i frosne tilstander under vinterhalvår. Dette kan ha vært uavhengig av om de har vært lagret ute eller i uoppvarmede innendørslokaler. I museer er det generelt anbefalt å holde temperaturene lave (Mecklenburg 2011: 1). Det er fordi høye temperaturer øker kjemiske nedbrytningsprosesser og svekker strukturer. Imidlertid er det viktig å finne balansen for når lav temperatur blir skadelig. For eksempel kan ekstremt lave temperaturer gjøre betydelig mer skade, i form av oppsprekking i et malingslag, enn høy RF (ibid: 21). Alle typer malingslag vil ta skade av ekstremt lave temperaturer, alle typer pigmenter vil også bli svekket om temperaturen er lav nok (ibid).

Biologisk nedbrytning: mugganalyser

I fire av skissene var det mugglignende flekker/prikker i bare lerretsområder (*Geografi, Mennesker i solen I, Forskerne II og Astronomi* (ill. 38). Mulige muggforekomster ble analysert fra *Geografi* ved å bruke Myco-tape (ca. 1,5 x 3 cm) som ble trykket lett mot et lerretsområde som hadde mugglignende prikker/flekke. Tapen ble sendt til Mycoteam for mikroskopanalyse. Muggsporene som ble funnet var *Cladosporium sp.* og en uidentifisert muggsopp.¹⁴⁹ Veksten av begge kategorier var sparsom (vedlegg 5, s. 143).¹⁵⁰ *Cladosporium* er en kondensmugg som vanligvis forekommer utendørs, for eksempel på planterester, men er også funnet på lerretsmalerier (Florian 1997: 114). De fire hovedgruppene med vanlige muggtyper som er funnet på kulturgjenstander er *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* og *Penicillium* (ibid). *Aspergillus* og *Penicillium* er rapportert som mer vanlige å finne i malerilerreter og *Penicillium* på veggmalier (Florian 1997: 114; Koyano 1992: 570). Florian presiserte imidlertid at de nevnte formene for mugg ikke nødvendigvis er avhengige av visse substrater og at det er mer tilfeldig hvor muggsporer kan lande og gro (Florian 1997: 114).

Mugg og råte kan dannes i biologiske materialer ved RF over 70 % (Florian 1997: 125). Det er imidlertid ikke bare omgivelsenes fuktighetsnivå som spiller inn. Muggvekst kan også

¹⁴⁹ Metode: Mycoteam brukte måleruter på 50 x 50 µ, og innenfor dette området vil da sparsom vekst innebære at 10 % av målerutene er dekket med sopp, mens moderat er fra 10–70 %.

¹⁵⁰ Analyserapporten rapporterte at forekomsten var så sparsom at den ikke ville være til fare for omgivelsene.

forekomme ved verdier under 70 % RF,¹⁵¹ for eksempel avhengig av om materialet i seg selv har et fuktighetsekvilibrium som kan gi gunstige forhold for mugg (ibid). Ikke bare fibrenes evne til å ta opp fuktighet, men hvor fort fibrene kan kvitte seg med fuktigheten (evne til å tørke) spiller en viktig rolle i forhold til mugg (Ballard 1993: 667). Det har blitt målt hvor lang tid ovnstørket bomull og våt bomull tok for å oppnå fibrenes fuktighetsekvilibrium under 65 % RF (ibid). For den tørre bomullen tok det 1,5 timer, men for den våte bomullen tok det 99 timer (ibid).

Nedbryting av evt. Limdrenking

Ettersom det foreløpig, som tidligere nevnt, ikke er funnet sport etter en forbehandling av lerretene, er det vanskelig eller umulig å vurdere tilstand annet enn på et hypotetisk grunnlag.

Dersom den hypotetiske forbehandlingen, for eksempel lim-basert, ble påført lerretene, er den i så fall for en stor del vasket bort eller den er fullstendig nedbrutt. For eksempel vil et limlag av animalsk opprinnelse være hygroskopisk. Et limdrenkingslag er kjent for å være det mest reaktive laget i et maleri (Acroyd og Yong 1999: 265; Hedley 1993: 86). Det er trodd at limdrenkingslag endres og brytes ned ved RF på 85 % (Acroyd og Yong 1999: 265). Ettersom store deler av lerretene i 13 av skissene er eksponert, kan disse områdene ha vært direkte utsatt for både fuktighet, oksidasjon, UV-stråling og forurensing. Et lerret påført en limdrenking vil være sprøere og stivere enn et ubehandlet aldret lerret (Young 2012: 118).

Imidlertid gjorde tilstedeværelsen av de hvite overflatefenomenene i lerretsområdene og at XRF målingene indikerte ulike grunnstoffer til stede i lerretsoverflatene, det vanskelig å avvise hypotesen om en forbehandling av lerretene.

6.2 Fargelagene

Som tidligere antydte var fargelagene i skissene i dårlig tilstand. Tegnemediene har i utgangspunktet vært relativt matte og sårbare. I de to skissene hvor store deler av fargelagene er malt med flytende medium er det mulig å dele inn i langt flere tilstandskategorier, bare noen av dem vil bli nevnt her.

¹⁵¹ Noen muggtyper tolerer også lavere fuktighetsnivåer enn 70 % (Florian 1997: 125).

Matte overflater og porøsitet

Det ble foretatt målinger av glans fra både eksponerte lerretsområder og ulike fargelag i *Forskerne I* og i eksponerte lerretsområder og på tegnemediestreker i *Mennesker i solen I*. Glansen som ble målt var 00,1–00,6 glansenheter (GU).¹⁵² Det vil si nesten fraværende glans, ettersom målinger under 10 er betegnet som lav glans. Det ble målt lavest glans på fargelagene og noe høyere i eksponerte lerretsdeler.

Manglende stabilitet

Tegnemediene som ikke har hvite overflatefenomener smitter ikke av ved lett berøring med fingertuppene. Imidlertid ser disse fargelagene fragmenterte ut. Det er mulig at medienes nedbrutte tilstand gjør at de ikke smitter av lengre fordi store deler av det som var ustabil allerede har falt av lerretene. Dette er imidlertid spekulasjoner fordi det er vanskelig å vite hvordan fargelagene var da de var nye. Imidlertid er det kjent at tegnemedier, særlig pastell eller vannbaserte medier, er sårbare, derfor er det vanlig å fikse tegnemediene (Landro 2013: personlig kommunikasjon).

I *Forskerne I* var imidlertid flere av fargelagene der det er hvite overflatefenomener i skissene ustabile (ill. 39). I denne skissen hadde fargelagene ulik karakter, fra noen lag som sannsynligvis har store mengder bindemiddel og små mengder pigment (ill. 11) til omvendte forhold der bindemiddel-inneholdet sannsynligvis var lavt (ill. 40). Med det blotte øye og i mikroskop (100X) ser disse lagene ut til å ha dårlig feste til underlaget. De medium-rike, tynne lagene så sprø ut og hadde krøllet seg i kantene og hadde bare feste til lerretet i midten av flakene. Det ser ut som om flere malingsflak kun har mekanisk feste til fibertråder som står ut fra lerretet, dette er områder som hadde store mengder overflatefenomener (ill. 39).

I *Nakne figurer II* besto store deler av malingslaget av tynne og omfattende krakelerte malingslag. Krakeleringenes karakteristika og omfang ble tydeligere ved gjennomlysning av skissen (ill. 41). Krakeleringene kan passe til et sprøtt medium som for eksempel dårlig har tålt bevegelser i lerretet.

¹⁵² Målt med et Sadt GTS 60N: måling av glans: <10 = lav glans, 10–70 = semi-glans og >70 opp til 100 hvor da 100 er høyglans; speillignende.

Biologisk nedbryting

I et tverrsnitt av et malingslag fra *Forskerne I b*, ble det observert et spesielt hulrom i SEM-EDX. Hulrommet hadde det som lignet filamentøse (trådformede) bakterier (ill. 42) (Sandbakken og Boon 2014: artikkel til fagfelleevaluering). Bakteriell aktivitet krever høyere RF enn det som kreves for dannelse av mugg (Nevin 2007: 1). Bakterievekst krever over 75 % RF (Erhardt og Mecklenburg 1994: 32). Ettersom de bakteriellignende trådene ble oppdaget i tverrsnittet av et malingsflak som allerede var støpt, var det vanskelig å analysere bakterien for å verifisere om det er en bakterie eller i så fall hva slags type. Blant filamentøse bakterier som er vanlig å finne er *Faeni Retivirgual* og *Thermoactinomyces Vulgaris*. Disse er vanlig å finne i befuktere og i VVS-installasjoner (www.inneklima.com).

Overflatefenomenenes påvirkning på fargelagene

Med det blotte øye var det mulig å se at i mange områder hvor det var hvite overflatefenomener var fargelagene pulverisert eller blandet med løse pigmentkorn. I noen områder var krystallene farget av pigmentene i tegnemediet. Dette var særlig synlig i lysegule områder (ill. 6).

Områder i *Nakne figurer I* ble undersøkt under Hirox-mikroskopet. Det ble tydelig at krystallene har hatt, og antageligvis har, stor innvirkning på fargelagene i noen områder. I det nevnte området på fotoet ble flere løse pigmentkorn observert både oppå og i mellom de hvite krystallene (ill. 43a og ill. 43b). Det kan antyde at krystallene enten har krystallisert på overflaten av fargelagene og trengt seg innover, eller at de har opprinnelse fra underlaget og at krystallene har trengt seg ut av fargen til overflaten.

7. Overflatefenomenene på de 15 skissene

I dette kapittelet vil det settes fokus på utseende, forekomst og overflatefenomenenes visuelle ulikheter. Disse beskrivelsene vil også i stor grad suppleres med illustrasjoner og grafisk dokumentasjon (vedlegg 2, s. 136-139). Deretter vil analyseresultater av overflatefenomenene bli presentert i neste kapittel.

Det er tre skisser som skiller seg ut ved at de har hvite overflatefenomener i de fleste områder av motivene og både i bare lerretsområder og på fargelag. Dette gjelder særlig *Forskerne I*, *Nakne figurer II* og *Mennesker i solen I*. *Kjemi*, *Nakne figurer I* og *c-delen til Forskerne I* er de eneste skissene som har relativt små forekomster av overflatefenomener og bare i eksponerte lerretsområder.

7.1 I eksponerte lerretsområder

Alle de 15 skissene har altså overflatefenomener i de eksponerte lerretsområdene. Ved første øyekast ble også noen lerretsområder hvor det var overflatefenomener tatt for å være uten fargelag. Det stemte imidlertid ikke, ettersom ved nærmere øyesyn var det svake spor etter fargelag i noen av disse områdene. Likevel er det sannsynlig at andre områder av lerretene hvor det også er registrert overflatefenomener aldri har vært påført farge. I lerretsområdene er fenomenene mindre konsentrert enn i mange av fargelagene, altså at det forekommer noe mer spredt. Det er antageligvis derfor fenomenene tidligere har blitt kalt hvite nupper (Grimstad 2000: 79).

Imidlertid hadde flere lerretsområder i *Mennesker i solen I* store forekomster av overflatefenomen (ill. 21). I *Mennesker i solen I* og også i *Forskerne III* kunne det se ut som om overflatefenomenene fulgte lerretstrådene (ill. 4 og ill. 21). På den måten fulgte krystallene veven og dannet kryssende hvite vannrette og vertikale linjer i flere områder.

7.2 På fargelag

Det er synlige overflatefenomener i alle farger som er utført med tegnemedium. Imidlertid er det noen farger som har tendenser til større mengder. Det gjelder en lysere gul som går igjen i

tre skisser og en grønn farge som ble antydning å være emeraldgrønn og som kun er observert i *Mennesker i solen I* (ill. 6 og ill. 7). Overflatefenomenene i fargelagene ser ut som et lett pulverlignende materiale som med noe avstand stedvis også kan ligne hvite nupper.

I noen artikler har hvite overflatefenomener kalt for *crusts* (Van Loon *et al.* 2011). *Crust* kan oversettes med blant annet skorpe eller skare (Prestesæter 2002). Disse betegnelse kan passe som beskrivelse på overflatefenomenene i enkelte områder i noen skisser fordi krystallen virket hardere da det ble tatt ut prøver, i forhold til områder hvor krystallene var lette og pulverlignende.

Forskerne I a, b og *Nakne Figurer II* er, som tidligere sagt, de eneste skissene i gruppen på 15 som har tykkere dekkende malingslag. Overflatefenomenene fremtrer også som dekkende lag/hinner på noen av de malte flatene i disse to skissene (ill. 44). I mikroskop (20 X) ligner fenomenet likevel det som kan observeres i de andre skissene, men det fremkommer som mer konsentrert og sammenhengende med det blotte øye. I de to skissene med større malte flater forekommer fenomenet på både tykkere og helt tynne fargelag. På mikroskopnivå (10-40X) var det imidlertid ikke nevneverdig forskjell i utseende på overflatefenomenene fra de forskjellige områdene.

De 22 aulaskissene som fremdeles er lagret på ruller i museet hadde kun små mengder hvite overflatefenomener på noen av de opprullede skissene. Flere av de 15 aulaskissene ligner de opprullede skissene i forhold til tilstander og brukte lerreter og medier.

8. Undersøkelses- og analyseresultater av overflatefenomenene

I dette kapitlet vil de ulike undersøkelsene av overflatefenomenene bli presentert først, deretter er analysene delt inn i analyser av prøver av overflatefenomener som er tatt ut fra enten eksponerte lerretsområder eller fra fargelag. Til sist vil analyser av fenomenene som ikke ble tatt ut, men analysert direkte på fargelag eller i lerretsområder, bli presentert.

Mikroskopanalyser

Mikroskopiundersøkelser (10-40X) og løselighetstestene i vann kunne bestemme videre analysemetode. Det var i første omgang ønskelig å vite om materialet var krystallinsk eller amorft.

Overflatefenomenene ble undersøkt i mikroskop ved gjennomlysning (100X). Krystallformen viste seg å likne det som av Easthaugh *et. al* har kalt bakterioid partikkelform (Easthaug *et al.* 2008) (ill. 45). Bakterioid partikkelform vil egentlig si at krystallformene er for små til å kunne bestemmes mer nøyaktig i et optiskmikroskop og må defineres med høyere forstørrelse, som i elektronmikroskop. De bakterioide formene karakteriseres som runde kapsel-lignende former (ibid).

Koller og Burmesters mikroskopobservasjoner av hvite overflatefenomener fra et maleri av Poliakov ble observert som nålelignende krystallinsk materiale (Koller og Burmester 1990: 139). Imidlertid ble prøvematerialet deres påvist å være amorft i XRD (ibid). Det ble derfor først kun tatt ut to prøver av overflatefenomenene fra to skisser for å teste om XRD-ville være en egnet analysemetode.

Løselighetstester

Løselighetstestene viste at fenomenet raskt løste seg i vann. Det var svak reaksjon i etanol, hvorpå krystallene så ut som de beveget seg raskt rundt i etanolen, etter noen minutter ble det dannet nåleformede krystaller av deler av prøven (ill. 46). Krystallene som ikke hadde endret seg klumpet seg tettere sammen. Det var ingen reaksjon på løselighet i White spirit.

UV-lys

I tverrsnittet (P18) fra det brune fargelaget fra *Forskerne I a*, viste de hvite overflatefenomenene ingen fluorescens i UV-lys (ill. 33). Undersøkelse med håndholdt Reskolux UV-lys i områder i *Forskerne I*, *Forskerne II*, *Forskerne III* og *Mennesker i sollys I* viste ingen fluorescens, hverken i lerretsområder eller i fargelag med hvite overflatefenomener. *Astronomi*, *Nakne figurer II* og *Mennesker i solen I* ble også fotografert i UV-lys, overflatefenomenene viste ingen fluorescens i disse skissene heller (ill. 21 og ill. 22).

pH-målinger av to krystallprøver

De to prøvene fra *Forskerne Ia* og *Mennesker i solen I* (F21 og F22), viste nær nøytral pH. I F21 viste pH-målingen 6,91, i F22 var pH 6,85.

XRD-analyser

Et utvalg av XRD-diagrammene finnes i vedlegg 8.

- F01 (*Forskerne Ia*) viste i tillegg til sinksulfat heptahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) også sinkoksid.
- F2 (*Mennesker i solen II*): viste forekomst av sinksulfat heptahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).
- F3 (*Geografi*) inneholdt sinkmagnesiumsinksulfat tetrahydrat (Boyleite) $(\text{Zn, Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, sinksulfat heksahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) og kalsitt (CaCO_3).
- F4 (*Mennesker i solen I*) Inneholdt sinkmagnesiumsulfat tetrahydrat (Boyleite) $(\text{Zn, Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
- F5 og F6 (*Astronomi*) inneholdt samme bestanddeler: dolomitt ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$) og sinksulfat heksahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).
- F7 (*Forskerne II*) viste kalsitt (CaCO_3), men kunne også inneholde magnesium slik at sinkmagnesiumsulfat tetrahydrat $(\text{Zn, Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ kunne være en mulig forbindelse. I tillegg ble det funnet sinksulfat heksahydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).
- F8 (*Mennesker i solen II*) ble lagt på prøveholderen i vakuumfett. Det ble påvist sinksulfat hexa hydrat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Det kunne også være forekomst av kalsitt (CaCO_3) og magnesium (Mg).
- F9 (*Nakne figurer II*) ble også lagt på prøveholderen i vakuumfett. Målingene viste sinkmagnesiumsulfat tetrahydrat (Boyleite) $(\text{Zn, Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

SEM-EDS/EDX-analyser av overflatefenomen

Overflatefenomener fra *Nakne figurer II* ble tatt fra overflaten på et lyseblått fargelag (F12). To prøver av overflatefenomen ble også tatt fra *Forskerne Ia* (F10, F11), fra et lyseblått malingslag og fra et grønt/lilla malingslag.

Tilbakespredende (*backscatter*) elektronavbildninger ble også laget i SEM-EDS og i SEM-EDX. I SEM-EDS viste prøver av overflatematerialet (F10, F11 og F12) fra begge maleriene seg som relativt homogent, lignende amorft materiale, men flere krystaller syntes også (ill. 47).

Punktanalyser

Det ble utført to punktanalyser av F10, fire av F11 og fem av F12 (vedlegg 9, s. 169-173):

F10: I overflatematerialet fra *Forskerne Ia* ble det påvist følgende elementer: Svovel (SO_2) magnesium (MgO), sink (ZnO), aluminium (Al), kalsium (CaO) og kalium (K_2O). En foreslått kjemisk forbindelse var magnesiumsulfat (MgSO_4).

F11: I overflatekrystallene fra *Nakne figurer II* ble det funnet høyest forekomst av sink (ZnO) deretter svovel (SO_3), magnesium (MgO), silisium (SiO_2) og kalium (K_2O). En kjemisk forbindelse foreslått var sinkmagnesiumsulfat ($(\text{Zn, Mg})\text{SO}_4$).

F12: Analysene av overflatemateriale også fra *Nakne figurer II* påviste grunnstoffene svovel (SO_3), magnesium (MgO), kalsium (CaO), kalium (K_2O) og bly (PbO). De kjemiske forbindelsene som ble foreslått var magnesiumsulfat (MgSO_4).

F13: Prøve av hvite overflatefenomener fra *Mennesker i solen I* som ble analysert med SEM-EDX ved Historisk Museum, UiO, ble det funnet størst mengde svovel (S), deretter magnesium (Mg), kalsium (Ca), sink (Zn) og kobber (Cu). Prøven ble tolket som magnesiumsulfat (vedlegg 9, s. 172).

Overflatefenomener på fargelag eller lerret

P15: To EDS-punktanalyser fra malingslagets overflate hvor det var synlige hvite overflatefenomener ble først analysert (vedlegg 9). Grunnstoffene svovel (SO_3), kalsium (CaO), magnesium, (MgO), silisium (SiO), aluminium (Al_2O_3) og krom (Cr_2O_3) ble funnet. Forbindelsen magnesiumsulfat ble foreslått.

Etter overflateanalysene ble prøveholderen satt i 50° vinkel, slik at tverrsnittet ble tydelig (vedlegg 9). I tverrsnittet syntes overflatefenomenene som et overflatelag og det var vanskelig å vurdere tegn på om overflatefenomenene hadde trengt seg gjennom fargelaget under ifra eller ovenfra i dette tverrsnittet. I malingslagets tverrsnitt ble forekomster av grunnstoffene kalsium (CaO), svovel (SO₃), nitrogen (N₂O₅), aluminium (AlO), magnesium (MgO) og silikat (kvarts) (SiO₂) (kisel i oksid form) påvist. Forbindelsene som ble foreslått var magnesiumsulfat, og/eller kalsiumsulfat dehydrat (gips) (CaSO₄ · 2H₂O) og kalsium-magnesium-karbonat (dolomitt) (CaMg(CO₃)₂) (Hans J. Berg 2007: Personlig kommunikasjon).

P17: I SEM-EDX var flere krystaller synlige på fremsiden av malingsflaket P17 (*Fra Forskerne I*). Fra tre punktanalyser ble det funnet O, Zn, Mg, Ca, Pb, S og Cl. Det kan antyde at det var sinkmagnesiumsulfat (Zn, Mg (SO₄)) i overflaten.

P18: I det som lignet krystaller i overflaten på P18 (ill. 34) ble størst forekomst av grunnstoffene oksygen og karbon påvist, deretter mindre forekomster av aluminium (Al), silikon (Si) og kalsium (Ca).

P26: Tverrsnittet P26 ble også analysert ved EDX. Det ble ikke observert overflatefenomener i dette tverrsnittet.

XRF

Målinger utført på umalte lerretsområder med eller uten synlig krystaller, viste ingen nevneverdige forskjeller. Alle XRF-målingene fra lerretsområdene i *Forskerne I*, *Nakne Figurer II* og *Mennesker i solen I* viste store mengder svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca) og sink (Zn). I tillegg ble mindre og varierende forekomster av jern (Fe), klor (Cl) og bly (Pb) påvist. XRF-målingene gjort med håndholdt XRF stemte overens med Molabs XRF-målinger (vedlegg 6, tabell 5 og 6), altså at det var ingen forskjeller i målingene i forhold til tilstedeværelse av krystaller eller ikke. Det ble heller ikke påvist forskjeller om krystallene ble målt på umalte lerretsdeler eller på fargelag. I områder med fargelag ble det i tillegg påvist grunnstoffer som kunne tilskrives pigmentene (vedlegg 6, s. 144-156).

9. Diskusjon

Følgende diskusjon er basert på undersøkelsene og analysene som ble utført.

Originalmaterialenes betydning for utviklingen av saltutfellingene vil bli drøftet, særlig med vekt på bomullslerretene. Eksterne faktorer som kan ha påvirket krystallene vil også drøftes.

9.1 Bomullslerretene

Funnene av sink (Zn), kalsium (Ca), kalium (K) og svovel (S) som ble påvist i alle XRF-analysene i eksponerte lerretsområder antyder at lerretene hadde blitt forbehandlet under produksjonen eller av Munchs selv. De høye forekomstene av Zn funnet i *Forskerne I* er antageligvis relatert til at sinkoksid kan ha blitt brukt i dubleringsklisteret.¹⁵³ I tillegg ble jern (Fe) og klor (Cl) også identifisert i flere av målingene, men ikke i alle områder. I flere av fargelagene og i områder med krystaller ble de samme grunnstoffene funnet, i tillegg til elementer som indikerte pigmenter. Det at de nevnte grunnstoffene også ble målt i fargelagene kan antyde at de er gjennomslag fra lerretsduken.

Andre analysemetoder, som XRD og SEM-EDX og -EDS påviste magnesium (Mg) i tillegg til Zn og S i overflatefenomenene. Noen av disse prøvene var tatt fra eksponerte lerretsområder. Grunnen til at Mg ikke ble funnet i XRF-målingene kan skyldes at noen XRF-analyseinstrumenter ikke kan identifisere lette metaller, som Mg og Al, særlig når de er til stede i små mengder (Boon 2014: personlig kommunikasjon). Flere av prøvene med overflatekrystaller som ble analysert i XRD og SEM ble tatt fra lerretsområder. Det kan bety at magnesium også er et tilstedeværende grunnstoff, i hvert fall i noen deler av lerretene.

Alun-lim behandling

De ulike analyserte grunnstoffenes opprinnelse er vanskelig å fastslå, samtidig som det er mange mulige kilder. I 1910 mottok Munch et svarbrev fra maleren Erik Werenskiold (1855-1938). Werenskiold ga Munch råd om preparerings- og grunderingsmaterialer (Werenskiold K 1239). Han anbefalte blant annet Munch å tilsette alun eller formalin¹⁵⁴ som anti-mugg

¹⁵³ I mange dubleringer utført mellom 1948-1961 er det opplyst at blyhvitt eller sinkoksid ble tilsatt limblandingene. Dette er ikke opplyst i dubleringsinformasjonen for *Forskerne I*, men det er likevel ikke usannsynlig at det likevel kan ha blitt tilsatt (Thurmann-Moe 25.3.2014: personlig kommunikasjon).

¹⁵⁴ Formaldehyd er en kjent som et fungicid og bakteriedrepende middel (Mayer 1991: 433). Formaldehyd er en gassform, når det tilsettes 10-15 % metyl alkohol blir løsning kalt formalin eller formaldehydløsning.

middel i lim-blanding. I samme brev nevnte Werenskiold bruk av kasein som malemedium (ibid).

Alun, i form av aluminium-kalium-sulfat ($\text{AlK}(\text{SO}_4) \cdot \text{XI H}_2\text{O}$) har vært brukt til ulike formål siden prehistorisk tid (Brückle 1992: 201). Kjemikalet har for eksempel blitt brukt til produksjon av lær, blekk og pergament samt som preparering før farging av tekstiler.¹⁵⁵ Som forbehandling av underlag til kunstformål er alun særlig forbundet med papir (ibid) eller lakkpigmenter (Kirby 2005). Alun tilsatt gelatin og brukt som overflatebehandling etter at papiret var produsert, er kjent brukt fra år 1673 (Green 1992: 197). Fra 1800-tallet av ble det også vanlig å tilsette alun til kolofonium¹⁵⁶ og brukt som en del av produksjonen av papiret (Green 1992: 197). På slutten av 1800-tallet var det mange typer aluminiumsulfater på markedet (ibid). Aluminium-kalium-sulfat ble introdusert tidlig, men bruk av aluminiumsulfat var vanligere innen papirproduksjon (ibid).

En av årsakene til at alun ble brukt er fordi det ble ansett som et velgjørende material for limet og papiret. Den viktigste positive faktoren som blir nevnt var at det gjorde papiret vannavstøtende (Green 1992: 198). En annen fordel var at papiret ble hardere, slik at mediene, som for eksempel blekk, ikke penetrerte papiret (ibid).¹⁵⁷ Som nevnt påførte Munch også enkelte malingsstrøk på alle lerretene og i store deler av *Forskerne I* og *Nakne figurer II*. Sannsynligvis ville det ha vært vanskelig å male med flytende medium på upreparerte lerreter. Malingen ville ha penetrert de hygroskopiske lerretene og gjort det tungt å dra penselen over duken (Werenskiold K 1239).

Tilsetning av for eksempel alun (i løsning) kan ha hatt betydning for hvor sugende lerretene ble og hatt innvirkning på fargenes reologiske¹⁵⁸ egenskaper. Fordi papir og lerret som bunnmateriale har noen av de samme egenskapene, ville sannsynligvis en alun-basert

¹⁵⁵ Alun kan utvinnes fra mineralet alunite som finnes i vulkanske svovelbaserte sedimenter. Alun ble produsert i Nord-Afrika, Asia og i begrensede mengder i få lokale områder i Europa fra de første århundrene e.Kr. Det meste av importen til Europa kom fra Mesopotamia. Det var et dyrt material før produksjonen ble større i Italia rundt midten av 1400-tallet, siden også i Frankrike, Tyskland og til England var den største produsenten av alun ved midten av 1800-tallet (Brückle 1992: 201).

¹⁵⁶ Kolofonium (*rosin*) er harpiks som ble tatt fra trær (Green 1992: 197). For at harpiksen skulle kunne bli løselig i vann ble den kokt med natriumhydroksid (kaustisk soda) eller natriumkarbonat (Green 1992: 198).

¹⁵⁷ Imidlertid hadde det vært kjent fra rundt 1850 at alun også var en nedbrytningsfaktor i papir, blant annet fordi det gjorde papiret surt (Brückle 1992: 203). Dette var særlig forbundet med bruk sammen med kolofonium (Green 1992: 197).

¹⁵⁸ Reologi er læren om flyte- og deformasjonsegenskaper, spesielt i seige vesker og masser (www.snl.no).

behandling også ha gjort lerretene noe stivere og mindre hygroskopiske. Fordi malingen ikke hadde trukket gjennom lerretsduken i områder med malingsstrøk, kan det indikere at bunnmaterialet har blitt preparert før Munch utførte skissene.

En tysk referanse viser til at en lim-blanding tilsatt sink og alun var en kjent oppskrift på lerretspreparering på 1800 og 1900-tallet (Werner 1996: 427). Det er sannsynlig at Munch hadde kjennskap til alun fordi det var et kjent materiale, og spesifikt fordi Werenskiold rådet ham til å bruke det. Om alun kan ha blitt tilsatt lim og påført lerretene, er usikkert.

Utendørsopphold eller annen lagring som kan ha kan ha tilsvart utendørsklima, kan ha vasket bort lim og/eller brutt det ned. Det var tilsynelatende ingen spor etter en limdrenking i skissene, verken med det blotte øye, i UV-lys eller i mikroskop (40 XI). Det vanskeliggjør identifisering i dag, uten ytterligere analyser (Sandbakken og Boon 2014: artikkel til fagfellevurdering). Det må ha vært mye arbeid for Munch dersom han selv påført limdrenking på alle skissene, særlig fordi dyrelim må påføres varmt (Mayer 1988: 435). Imidlertid kan en limdrenking ha forgått som det som har blitt kalt impregnering av lerreter, hvor lerreter blir dyppet i en limblanding (De Bernardis 2008: 93). Det kan ha forenklet arbeidet, i tillegg hadde Munch en assistent på Skrubben som kan ha hjulpet ham med dette.¹⁵⁹

Munch kan ha brukt kaseinlim. Alun og formalin tilsatt lim som herdere eller oppstivere er enklere å tilsette kasein enn andre protein baserte limtyper fordi tilsetningenes kolloidale egenskaper lett kan ødelegges dersom de ikke tilsettes nøyaktig i andre limtyper (Mayer 1988: 435).

Werenskiolds råd var imidlertid svar på en forespørsel om materialer Munch ville bruke til aulamaleriene, i hovedsak til grunderinger. Munch mottok brevet samme år (1910) som mange av de 15 skissene ble laget og han kan ha brukt noen av Werenskiolds råd også til disse. Munch har ikke påført grundering på noen av de tynne bomullslerretene. Han kan likevel ha fulgt noen av Werenskiolds råd, eller brukt andre kilder.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Munchs assistent på Skrubben var Lars Fjeld som var en Kragerøbasert maler og tegnelærer.

¹⁶⁰ Imidlertid skal Munch ha brukt linlerreter med både heldekkende og stedvis påført grundering til noen av sine aulaskisser (Sandbakken og Tveit 2012).

Alunvann

Lerretene kan også ha blitt forbehandlet med noe som ikke inkluderte lim. Fra 1600-tallet av var for eksempel alunvann (*allum water*) en forbehandlings-metode brukt til papir for akvarellfarger (Brückle 1992: 202). Hjemmelagde oppskrifter fra 1950-tallet beskriver hvordan bomullstelt ble vanntette ved bruk av varmt alunbad (John LaTorre sitert fra Zarchy 1951). Først ble bomullen vasket i såpevann (ibid). Alunbad har vært brukt som beisemiddel (*mordant*)¹⁶¹ i flere tusen år frem til i dag. Alun gjør blant annet bomullstekstiler mer mottagelige for farging (Cardon 2007: 20). Ioner av aluminium- og jernsalter (Al^{3+} og Fe^{2+}) fungerer som et bindeledd for tekstilfibrene og fargen (Cardon 2007: 5). Saltene skaper også sterkere og klarer farger (Cardon 2007: 5).¹⁶²

Alun kan altså være en kilde til utslagene av Al, K og S funnet i lerretene med XRF. Jern (Fe) er også et grunnstoff i aluminium-inneholdende mineraler, men avhengig av produksjonsprosessene, kan jernionene elimineres (Brückle 1992: 201). Jerninnhold kan derfor være en parameter for kvaliteten eller renheten til produktet (Brückle 1992: 201). Grunnen til at det ikke ble funnet Al i lerretene kan, som nevnt, skyldes at Al er ett lettmetall som ikke XRF klarer å identifisere i små mengder (Pinna *et al.* 2009: 72).¹⁶³ Alle lettere elementer er vanskeligere å analysere med XRF (Pinna *et al.* 2009: 213).

Anvendt som beisemiddel innen tekstilproduksjon, er aluminiumkaliumsulfat ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) den mest brukte varianten av alun (Cardon 2007: 12). Alunvarianten ble oftest brukt i kombinasjon med kalsiumvinsyre (*cream of tartar*). Kalsiumvinsyre består av vinstein (*tartar*), som er saltavsetninger fra innsiden av vintønner, blandet med vinsyresalt (*calcium tartrate*) (Cardon 2007: 12). På den måten blir alun også en kilde til Ca, i tillegg til de andre nevnte grunnstoffene.

Før farging må bomull kokes i én time for å vaske ut voks og pektin som dekker bomullsfibrene (Cardon 2007: 11;).¹⁶⁴ Før forbehandling med alun må tekstilet kokes i

¹⁶¹ *Mordant* oversettes med bitende (Prestesæter 2002). Beisemiddel brukes også på norsk (Myrvold 2014 personlig kommunikasjon).

¹⁶² Imidlertid manglet det ennå i 2007 full forståelse for saltenes funksjon i fargeprosessen (Cardon 2007: 6).

¹⁶³ Imidlertid kan en ED-XRF (bølgelengdedispersiv XRF) analysere små mengder av lettere metaller som Al og Mg (www.azom.com).

¹⁶⁴ Analysert voks fra bomullsfibre har vist seg å bestå av en kompleks kjemisk komposisjon med flere ulike lipidklasser, voksalkaner, fettsyrer, fettalkoholer, plantesteroider og mono-di- og triglyserider (Gordon og Hsieh

ytterligere to timer i vann tilsatt såpe og hydrert natriumkarbonat, deretter skylt og tørket (Cardon 2007: 11). Det er sannsynlig at Munchs tekstiler var ferdig alunbehandlet når han anskaffet dem. Han kan selvsagt også ha kjøpt vasket bomull som han alunbehandlet selv, med eller uten lim.

Ettersom Munch sannsynligvis brukte alminnelig brukstekstil og ikke bomull produsert til kunstformål, kan bomullen ha gjennomgått også andre prepareringsprosesser. Tekstiler kan gjennomgå utallige prosesser etter veving for at tekstilene skal få visse egenskaper (Landi 1998: 13; Gordon og Hsieh 2007: 152, 153).¹⁶⁵ Både egenskaper som utseende, tekstur, forsterkning eller fleksibilitet kan manipuleres (Landi 1998: 13). Andre behandlinger kan utføres for å gjøre bomull vannavstøtende eller flammehemmende (Gordon og Hsieh 2007: 153; Wakelyn *et al.* 2007: 78). Opprinnelsen til grunnstoffene funnet i Munchs lerreter kan derfor stamme fra andre eller flere kilder enn alun.

Nye bomullstekstiler og bomullsvatt versus Munchs bomullslerreter

XRF-målingene gjort i de nye bomullstekstilene og i den kirurgiske bomullen påviste de samme grunnstoffene målt i Munchs lerreter. En studie fra Queens Universitet påviste samme grunnstoffer i syv ulike bomullsvatt-typer (O'Neill 2012).¹⁶⁶ Studiet påviste Ca, K og Mg i fem av dem, i tillegg til S i tre av dem og Fe i to og Zn i én (O'Neill 2012). Imidlertid ble disse grunnstoffene målt som sporelementer med under 1 % tilstedeværelse. Grunnstoffene ble påvist med induktivt koblet plasma optisk emisjonspektrometri (ICP-OES). Som nevnt, kan ikke XRF måle sporelementer, men dersom metallene er tunge kan selv små mengder være målbare (Boon 2014: personlig kommunikasjon). Det indikerer at mengden grunnstoffer målt i Munchs skisser var høyere enn 1 %. Samtidig antyd det også at elementene funnet i de nye bomullslerretene og i den kirurgiske bomullen, målt med XRF i dette prosjektet, også var høyere enn 1 %.

Ettersom XRF er en kvalitativ metode er det vanskelig å sammenligne en eksakt mengde av grunnstoffene i Munchs skisser med de to nye bomullstekstilene og den kirurgiske bomullen. Imidlertid indikerer XRF-målingene at det var atskillelig høyere konsentrasjoner av målte

2007: 93). Mengde av de nevnte bestanddelene i bomull kan variere etter hvilke forhold bomullen har vokst (ibid).

¹⁶⁵ Noen av prosessene er mercerisering (luting av bomull) og bruk av harpikser (Landi 1998: 21).

¹⁶⁶ Leverandørene av bomullen leverte enten bomull til medisinsk bruk eller konservering (O'Neill 2012).

metallioner i Munchs lerreter. Det var nødvendig og brette bomullsvatten (fra rull) dobbelt før det var mulig å måle grunnstoffene med XRF. Det antyder at mengden med grunnstoffer var så små i den kirurgiske bomullen at de måtte konsentreres for å måles. Kunstlerretet fra KEM var stivere enn de andre fra tekstilfabrikken. Det antyder at lerretet ble forbehandlet etter veving for at det skulle bli stivere eller hardere. Grunnstoffene funnet i dette lerretet var Fe, Zn og krom (Cr).

Naturlige mineralsalter i bomullsfibre

Siden den kirurgiske bomullen og bomullstekstilene er produsert til ulike formål og hadde ulik form og farge, er det interessant å finne ut mer om deres felles opphav, nemlig bomullsplanten. Bomull har, som alle planter, behov for mineralsalter under vekst. Bomull absorberer for eksempel K, Ca, S og fosfor (P) fra jorden (Wakelyn *et al.* 2007: 17-18). Under innhøsting kan grunnstoffer fra jorda også følge med og blande seg med bomullsloen (ibid). På den måten kan også Mg, Al, Si, Fe, Cr, Hg, Ni, Cu, K og Ca følge med som jordelementer (Wakely *et.al.* 2007: 18). De største mengdene av disse grunnstoffene i bomull er K (2000-6500 ppm), deretter Mg og Ca (Wakely 2007: 18). Sink er også til stede i bomullsplanten, men i små mengder. Silisium (Si), P, Cl og S har også blitt påvist, men sjeldnere (Wakely *et al.* 2007: 18). Grunnstoff som Cl, Cr, Ni og Cu har også blitt antydnet i noen av XRF målingene fra de bare lerretsområdene i Munchs skisser, men i lavere mengder enn de tidligere nevnte grunnstoffene (vedlegg 6, s. 144-156).

Karbonater ble påvist med Mid-FTIR i flere bare lerretsområder i to av skissene. I tillegg ble karbonatforbindelser, som kalsitt, antydnet i SEM-EDS i overflatekrystaller, tatt fra et umalt lerretsområde. Karbonater og oksider er også naturlige elementer i rå bomullsfibre (Wakely 2007: 17).

Bomullstekstiler som er preparert før farging er også vasket. De fleste av de nevnte metallsaltene i bomull er løselige i vann og vil for en stor del vaskes ut (Wakelyn *et al* 2007: 18). Påvisning av grunnstoffene i kirurgisk bomull antyder at de enten var resistente mot vask, og bleking eller, mer sannsynlig, at de er rester. Elementene ble også målt i det nye bomullslerretet som var halvbleket (i små mengder). Den kirurgiske bomullen kan ha fått den

samme behandlingen som lerretene, etter vask og bleking av fibre. Noen magnesium- og kalsiumsalter er imidlertid uløselige (Wakelyn *et al.* 2007: 18).

9.2 Eksterne påvirkninger

Forurensing

Uavhengig av om lerretene ble behandlet med metallsalter eller om lerretene inneholdt disse naturlig, kan andre faktorer ha forhøyet eller tilført elementene. Selv om mange av de samme grunnstoffene eksisterer i de nye lerretene, er det, betydelig større mengder i Munchs lerreter. Svovel ble påvist i nesten alle XRF-analysene både fra fargelag, saltkrystallene og i originallerretene. I rå bomull har S, som nevnt, sjeldent blitt påvist (Wakely *et al.* 2007: 18). Originallerretenes forholdsvis store konsentrasjoner av svovel indikerer at grunnstoffet er tilført fra eksterne kilder.

Forekomst av svovel i jordskorpen og i atmosfæren er forholdsvis liten (Seinfeld og Pandis 2006: 27). Likevel har svovelinnholdende forbindelser stor påvirkningskraft på atmosfæren og klimaets kjemi (ibid). Svovelinnhold i atmosfæren kan ha hatt en betydelig større påvirkning rundt århundreskiftet 1800-1900 enn i dag. Den gang var det en stor fremvekst av kjemisk industri og gruvedrift i Norge (Storesund og Rønning 2001). Omfattende forurensningsproblemer ble rapportert rundt for eksempel cellulosefabrikkene på Herre i Bamble (Telemark) og i Moss (ibid).¹⁶⁷ Cellulosefabrikken i Bamble produserte etter en sulfat-basert metode (ibid). Målt svovelinnhold i atmosfæren i Sør-Norge i 1962/63 kan gi en pekepinn om utviklingen rundt utslipp av svovel. Da ble konsentrasjonen målt til $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens i 2002-2003 ble årsmiddelkonsentrasjonene målt til $0,03\text{-}0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ibid). Avstanden mellom Munchs uteatelier på Skrubben og nabokommunen Bamble var liten, med tanke på at atmosfærisk forurensning fra industri kan transporteres over lange distanser og til store områder (Lehman 1987: 490).¹⁶⁸ Partikkelbaserte utslipp er spesielt kjemisk komplekse og kan i tillegg til sot og tungmetaller inneholde skorpeelementer som Ca, Mg og K (Sherwood 1990: 42). Avhengig av blant annet partikkelstørrelser kan lang forflytningstid gi tid til kjemiske omdannelser i forurensningsinnholdet, for eksempel av sulfatpartikler (Sherwood

¹⁶⁷ Metoden gikk ut på å koke trevirke med basiske løsninger av svovelholdige natriumsalter, sodalut. Avfallsmasser fra sodaluten avdampet sulfider (Storesund og Rønning 2001).

¹⁶⁸ For eksempel vil målt svovelinnhold i luften i Finnmark i dag være høyere enn i Sør-Norge på grunn av påvirkning fra utslipp på Kolahalvøya i Russland (fhi.no).

1990: 43). Svoveldioksid (SO_2) som er forbundet med forbrenning av svovelinneholdende materialer, oksiderer lett og blir for eksempel omformet til svoveltrioksid (SO_3). Fuktighet kan føre til omforming til svovelsyre (H_2SO_4) (Mora et al. 1986: 184). Mange omforminger kan foregå når SO_2 reagerer med andre materialer også. For eksempel magnesiumkarbonat, som ble tilsatt som fyllstoff i oljemalinger på tidlig 1900-tallet kan reagere med SO_2 (Silvester 2014: 38). Magnesiumkarbonat kan da omdannes til magnesiumsulfat (ibid). Magnesiumsulfat kan gjøre overflatene til disse maleriene sensitive overfor vann (ibid).

Lokal forurensing kan også være en kilde til svovelbasert forurensing, for eksempel i fra kullfyring (Lehman 1987: 490; Hackney 1990: 35). Ravensberg nevner flere ganger dampbåten som fraktet folk til og fra Kragerø (LR 539). Selv om den første dieseldrevne båten ble sjøsatt i 1910, var båtene fremdeles drevet med kullfyring frem til ca. 1930 (www.snl.no). En kull-drevet dampbåt kan altså ha vært en lokal kilde til svovelbasert forurensing. Sesongbetont kullfyring innendørs kan være en annen kilde.

Svoveldioksidinnhold innendørs er målt i relativt høye verdier, opp til $5200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, når matlaging og oppvarming har vært basert på kullfyring (Singer og Liddie 2005: 11; vanLoon og Duffy 2005: 160). Konsentrasjoner av svoveldioksid og sulfater er også i dag en nedbrytningsfaktor av kulturgjenstander i innendørsomgivelser i noen museer (Prosec *et al.* 2013: 117). Munch kan ha fyrt med kull i huset på Skrubben.

Munchs uteatelier og hus på Skrubben lå bare et steinkast fra havet (ill. 1 og ill. 2). Havet kan også være en kilde til svovelforbindelser i marine områder. Det skyldes innhold av dimetylsulfid (DMS) som havet slipper ut i atmosfæren (Seinfeld og Pandis 2006: 1003). Det er fytonplankton i havoverflaten som produserer store mengder DMS (vanLoon og Duffy 2005: 106). I atmosfæren kan DMS danne sulfataerosoler som igjen kan omdannes til svoveldioksid (SO_2) og svovelsyre (H_2SO_4) (Seinfeld og Pandis 2006: 1003). Singer og Liddie antydte at svovelholdig atmosfærisk forurensning var forbundet med sinksulfatutfellinger på et verk utført på et bomulls/linpapir (Singer og Liddie 2005).¹⁶⁹ I tillegg til svovelforbindelser forekommer en vesentlig del av magnesiumforurensingen via nedbør med havet som kilde, og er derfor særlig gjeldende i kystnære strøk (www.fhi.no).

¹⁶⁹ Singer og Liddie tilkjennega imidlertid ikke underlaget som kilde til utfellingene (Singer og Liddie 2005).

Regn består altså ikke bare av vann (vanLoon og Duffy 2005: 101). Analyser av regnvann gjort i innlandet i Sør-Norge (Birkenes) i perioden 1972-1980 påviste, i tillegg til hydrogen: Cl, SO₄, Ca, Mg, Na og K (Overrein, Seip og Tollan 1980). Innholdet av Cl og SO₄ var høyere enn innholdet målt i regnvann fra Nord-Australia, Pune i India og Bermuda, bare regnvann fra Guiyang i Sør-Kina viste høyere innhold av disse grunnstoffene (vanLoon og Duffy 2005: 102).

Oppbevaring utendørs eller innendørs

Det finnes fotodokumentasjon på at *Forskerne I* a, b og c har hengt ute i Munchs uteatelier på Skrubben (ill. 48). Det er imidlertid usikkert hvorvidt alle skissene ble malt eller oppbevart utendørs, siden Munch også malte innendørs på Skrubben. Ravensberg skriver 5.1.1910:..."Og her i det store hus. Som M og jeg fandt i våres, her i de store værelser bugner det af trykk...gravurer, tegninger, malerier, udkast, alt fylder de store sale og ovenpaa..." (sitert i LR 536). Fotodokumentasjon viser også Munch omgitt av flere malerier innendørs i 1909 (ill. 49). En aulaskisse på kartong skimtes også i fotoet.

Undersøkelsene av skissene avdekket lave forekomster av mugg i lerretene, sammenlignet med de opprullede aulaskissene som hadde mange og store muggangrepne områder (Tveit 2011). Imidlertid antydte muggangrepene i fire av de 15 skissene at de over perioder ble utsatt for fuktighetsnivåer over 70 %. Grunnen til at angrepene ikke var omfattende kan skyldes at lerretene ble behandlet med mugghemmende stoffer (alun eller formalin). Muggangrepene på noen av skissene kan imidlertid indikere at disse ble oppbevart utendørs og at eventuelle mugghemmende middel ble brutt ned eller vasket ut. Funnet av filamentøse bakterier inni et tverrsnitt, kan også antyde at malingen har vært utsatt for RF høyere enn 80 %.¹⁷⁰

Imidlertid kan uoppvarmede hus følge utendørstemperaturene med kun to graders forskjell (Brimblecome og Lenkester 2013: 16). Dermed vil også fuktighetsnivåene følge utendørslivåene med små marginers forskjell. Etter at Munch visste at han ikke fikk kjøpe Skrubben, slik han ønsket, kjøpte han Nedre Ramme gård i Hvidsten i slutten av 1910. Imidlertid disponerte Munch Skrubben helt frem til 1915 (Flaatten 2009: 118), men var der lite. Gierløff skrev for eksempel at i perioden 1911-1913 oppholdt Munch seg bare noen uker på Skrubben (Flaatten 2009: 117, sitert fra Gierløff). Det er derfor sannsynlig at Skrubben ble

¹⁷⁰ De mulige bakteriene var imidlertid ikke mulig å analysere.

forlatt uoppvarmet i lange perioder fra sent i 1910/11 til 1915. Munch manglet trolig gode lagringsforhold for skissene og at han kan ha oppbevarte kunst både ute og inne under denne perioden. I januar 1910 skrev Ravensberg videre: ... "alt har sin orden siger M, men i virkeligheden er det vist ligesaamegen uorden, og Munch[s] fortvivlede upraktiskhed... Det er et forfærdelig arbeide bare at holde greie paa mine billeder siger Munch, mellom 3-400-hundrede, deriblandt 70 (?) i Aasgårdstand (?) og 20 hos Nørregaard og circa 300 gravurer"...(sitert i LR 536).

I 1915 ble flere skisser rullet opp og oppbevart på et loft til et uthus i Kragerø, Munch hentet dem i 1920 (Flaatten 2009: 229). Hva som skjedde med de som eventuelt ikke ble rullet opp er vanskelig å vite. I forbindelse med en opptelling i 1959, ble det notert i de gamle konserveringsrapportene at *Mennesker i solen I* og *Forskerne I* var oppbevart på to ulike ruller sammen med flere andre aulaskisser (Thurmann-Moe: Munch-museets arkiv). Imidlertid finnes det foto fra 1944 fra et av Munchs innendørsatelierer på Ekely hvor *Mennesker i solen I* antageligvis er spikret til plankeveggen høyt i atelieret (ill. 50).¹⁷¹ Det kan antyde at det enten er feil i konserveringsrapportene og at Munch rullet ut noen av skissene etter 1920. En annen mulighet er at uoppspente verk ble rullet opp under opprydnings- og registreringsarbeidet som begynte på Ekely i 1944. Konserveringsrapportene kan for eksempel referere til en slik opprulling.

Konsekvenser av utendørs opphold og/eller dårlig lagring

Innen bygningsbevaringen er det kjent at værutsatte overflater over tid blir røye og dermed økes mottagelighet for forurensningsavsetninger (Sherwood 1990: 46). Dette er fordi ujevne overflater har flere festepunkter enn en jevn overflate (Ashley-Smith 1987: 18). De samme prinsippene gjelder for maleri, altså at værede malingsoverflater blir ujevne som et resultat av øket porøsitet på grunn av nedbrytning (Michalski 1990: 90). Malingsprøvene tatt ut fra *Forskeren I* viste i SEM-EDX at fremsiden av et malingsflak var betydelig mer porøst enn baksiden (ill. 27 og ill. 28). Det kan antyde at skissen var nedbrutt på grunn av fysisk og mekanisk slitasje. Det er typisk at maling bundet i vannbaserte medium, som for eksempel

¹⁷¹ Ravensberg leide Dioramalokalet flere ganger til å stille ut sine aulaskisser først i mars 1910 til midten av april samme år (6.1.1910 LR 536, s. 38). I 1916 stilte han igjen ut aularbeider i Dioramalokalet (Munch-museets fotoarkiv). Et av katalogenumrene har tittel som kan samsvare med *Mennesker i solen I* (Munch-museets fotoarkiv). Det er mulig at skissen kan ha hengt i Munchs atelieret fra etter denne utstillingen til etter hans død i 1944. Skissen som ble stilt ut kan også ha vært *Mennesker i solen II* eller et annet ukjent verk.

lim, er mer utsatt for fysisk og mekanisk skade enn kjemiske endringer i forhold mellom pigment og bindemiddel (Newmann, R. 1998: 43). SEM-studier har vist at værede overflater hadde udekkede pigmentpartikler og en ujevn, groplignende slitasje og ikke en jevn nedbrytning (Michalski 1990: 90). Disse beskrivelsene stemte overens med undersøkelsene av malingsflak fra *Forskerne I*. Undersøkelser av skissen, med det blotte øye, antydte at overflaten var nedbrutt i alle områder av *Forskerne I*. Observasjoner utført på noen av skissenes eksponerte lerretsområder viste flossede overflater. Det kan også ha gjort lerretene mer mottagelig for partikkelavsetninger, som S, Mg og Zn. Disse observasjonene i malings- og lerretsoverflatene kan skyldes utendørsopphold.

Aspekter som luftforurensing, relativ luftfuktighet, lys og temperatur er viktige faktorer for den tidlige fasen i opptørkingsprosessen for et maleri (van den Berg 2002: 39). Kjemiske og fysiske endringer kan bli visuelt synlige på senere tidspunkt. Når de 15 skissene har utviklet synlige hvite krystaller på overflatene er vanskelig å svare på. Den første og eneste dokumentasjonen som finnes er fra konserveringsrapporter fra 1989 (Havrevold 1989: TMS).

9.3 Pigmenter og bindemidler

Noen pigmenters betydning

Det var ingen av undersøkelsene av skissene som påviste en tydelig pigmentpåvirkning i forhold til krystallene. Imidlertid var det tendenser til at det emeraldgrønne fargelaget i *Mennesker i solen I* hadde mer omfattende og konsentrerte mengder av krystaller i overflaten (ill. 7). Det samme gjaldt den lyseste av de kromgule fargene, både i *Mennesker i solen I* og *II*.

Kromgul inneholder blyulfat og kromat. De lysere tonene av kromgul ble vanligvis tilsatt mer sulfat, ofte natriumsulfat, svovelsyre eller *blanc fixe* (bariumsulfat) (MacTaggart 1998: 10). I fuktige omgivelser kan høyere svovelinnhold for eksempel ha gjort fargen mer mottagelig for bindinger med for eksempel sink- eller magnesiumbasert forurensning.

Avhengig av produksjonsmetode har emeraldgrønn varierende partikkelstørrelser (Fiedler og Bayard 1997: 226). Pigmentet mister farge og blir hvitt dersom det rives til for små partikler. Det vil si at om pigmentet skal gi en sterkere grønn farge må pigmentpartiklene være store

(Mactaggert 1998: 10). Imidlertid er malingsfilmer med små porer, altså finkornede pigmenter, mer sårbare for eksempel for saltutfellinger i veggmalerier (Mora *et al.* 1984: 180). Imidlertid er emeraldgrønn også et sprøtt pigment som behøver lite bindemiddel for å nå grensen for kritisk pigment-volumkonsentrasjon. Pigmentets oljeabsorpsjon er rapportert fra 13 % (Fiedler og Bayard 1997: 229).¹⁷² Det er sannsynlig at kombinasjonen store pigmentpartiler og lite bindemiddel dannet en porøs fargestruktur og samtidig ble mer utsatt for både fysisk nedbrytning og partikkelavsetninger.

Tegne- og malemedier

Det er ikke mulig å fastslå hva slags tegnemedium Munch brukte i skissene basert på de utførte undersøkelsene. Det ble observert så kalt *halo* (glorie) rundt noen av tegnemediene, særlig rundt den emeraldgrønne fargen (ill. 7). Fettsyrer i voks kan utvikle fettsyresåper, men ingenting tyder på at fargestiftene i Munchs skisser har utviklet dette. Voks er vanligvis et kjemisk stabilt medium (Newman 1998: 50), men voks kan også brytes ned av fotooksidasjon og bli sprøtt og misfarget (Horie 1987: 87). *Halo*-fenomenet kan også inntreffe om tegnemediet utsettes for varme eller generell nedbrytning (Reid *et al.* 2002: 176). Siden Horie nevner nedbrytning i sollys og Reid nevner nedbrytning i varme kan det tenkes at noen av skissene har vært utsatt for UV-stråler og varmen det kan gi i norsk sommervarme. Det ble også observert *halo*-effekt rundt enkelte malingslag som lignet olje (ill. 8). Oljemedier kan flyte ut i lerreter dersom lerretene ikke er forbehandlet. *Halo*-effekten er sett på som et problem hos enkelte kunstnere som for eksempel Helen Frankenthaler (1928-2011) som malte i olje på upreparerte bomullslerreter (Zöld 2002). Områdene hvor det ble observert *Halo*-effekt rundt malingslag i skissene, var imidlertid små og kunne ikke brukes som indikasjon på at lerretene ikke var forbehandlet.

Likhetene mellom de testede pastellstiftene og Munchs skisser kan ikke indikere originalt medium. Som nevnt flere ganger tidligere, har fargelagenes tilstand med stor sannsynlighet endret utseende i forhold til hvordan de opprinnelig kan ha sett ut da de var nye. Altså, at etter aldring og nedbrytning kan antageligvis voks eller voks og oljestifter for eksempel ligne et tørrere medium fordi bindemidlene sannsynligvis er nedbrutte.

¹⁷² Til sammenligning har for eksempel Prøyserblå en oljeabsorpsjonsprosent på 40-42 %, (Berrie 1997: 191), van Dyke Brown 40-45 % (Feller og Johnston-Feller 1997: 175) og kromgul 20-25 % (Kühn og Curran: 189).

GK-MS-analysene av de to prøvene fra *Oldinger i sollys* identifiserte lanolin og en vegetabilsk olje. Det er usikkert om Munch brukte en form for voks- eller oljestift. Lanolin er ikke nevnt som komponent i noen av stiftene som Ellis og Yeh beskrev i sin fremstilling av ulike voks- og oljebaserte stifter (Ellis og Yeh 1998). Lanolin kalles også ullfett, men lanolin er en voks fordi det mangler glyserider (www.wikipedia.no). Voks eller vokslignende materialer fungerer som stabilisatorer for oljefarger (Mayer 1991: 185). På den måten kan det være riktig å kalle det brukte mediet for oljestift eller oljepastell. Ellis og Yeh skrev imidlertid at oljepastell først kom i bruk etter 1925 (Ellis og Yeh 1998). Imidlertid ble prøver fra *Skrik*, fra 1893, foreslått å være en tidlig form for oljepastell (Singer *et al.* 2010). Det kan bety at fargestifter som fantes på markedet i 1910, var mer variert enn det som kom frem i Ellis og Yehs undersøkelser (Ellis og Yeh 1998). Columbini-gruppen som analyserte prøvene tolket mediet å være voksstift, slik at det kan heller ikke utelukkes. Analysegrunnlaget er imidlertid for lite til at det kan utelukkes at Munch også brukte andre former for tegnemedium i skissene.

Mid-FTIR analysene antydte kaolin og lipider i to områder av tegnemediene i *Mennesker i solen I*. Kaolin stemmer overens med Ellis og Yehs fremstillinger av innhold i *grease pencils* og som fyllstoff i pastellfarger (Ellis og Yeh 1998). Det kan styrke antagelsen om at de analyserte tegnemediene er oljepastell.

Dersom tegnemediene er en form for tidlig oljepastell med voksinnehold kan også stiftene ha vært tilsatt fyllstoffer, som for eksempel magnesium eller sink (Shelly 1989: 36). Noen oljemalinger ble tilsatt magnesiumkarbonat under produksjonen tidlig på 1900-tallet (Silvester *et al.* 2014: 38).

To malingsprøver fra *Nakne figurer II* viste proteininnhold (P 21 og 22). En annen prøve fra et rødt malingslag (P27) i samme skisse identifiserte en tørrende olje som kan antyde at det for eksempel var linoljemaling. Områdene med oljemaling er påført noe tykkere og hadde penselmerker (ill. 8). De proteininnholdige fargeområdene var tynnere og fullstendig krakelerte i *Nakne figurer II* (ill. 41). Det er ikke anbefalt å bruke kasein på lerret fordi kasein er et sprøtt og ufleksibelt medium (Mayer 1991: 435). Werenskiold skrev til Munch at for ham hadde kaseinmalingen sprukket opp (Werenskiold K1239). Det er ikke kjent hvor i skissen Thurmman-Moe tok ut malingsprøven som han analyserte våtkjemisk med kalilut, og tolket til å være kaseintempera. Mest sannsynlig var prøveuttaket fra det sist nevnte tynne og

sprø laget i skissen. Kasein kan prepareres med mange ulike metoder, men uansett metode, vil mediet fremstå som sprøtt, porøst og matt (Newman 1998: 45). Nedbrytningen av en kaseinmaling vil imidlertid kunne variere og være avhengig av produksjonsmetoden (ibid). Særlig urensset kasein vil være utsatt for nedbrytning (ibid).

Det ene røde laget (P27) som var antydnet å være en oljemaling hadde kun små mengder av krystaller. Områdene rundt dette laget hadde store mengder krystaller. Det kan antyde at det røde malingslaget er mindre porøst og har vært mindre mottagelig for forurensningsavsetninger. Det kan også indikere at det kan ha vært vanskeligere for krystaller å ha trengt gjennom fargelagene, eventuelt fra lerretet under. Derluyen skriver at for å forstå krystalliseringsmodellen er det i tillegg til å kjenne kinetikken¹⁷³ er porestørrelsene i materialet viktig i forbindelse med saltutfellinger (Derluyen 2012: 56). Dette er fordi porestørrelsene kan bestemme om krystalliseringen får plass i materialet (ibid).

Limlaget som ble identifisert mellom malingslag, i to grønne (P19, P28), et blå-hvitt (P17) og et brunt område (P18), i *Forskerne I*, kan være kaseinlim. Formålet med dette laget er usikkert. Munch jobbet kanskje i flere omganger over tid med skissen og så nedbrytningen i malingen tidlig. Han kan ha påført limlaget for å forsegle noen av de fragmenterte fargelagene, for så å jobbe videre med motivet. Det er tidligere funnet spor på at Munch jobbet med samme skisser over tid og at han tok opp igjen arbeidet og malte over allerede nedbrutte lag (Tveit 2014: personlig kommunikasjon).¹⁷⁴ Det ble identifisert proteinbasert bindemiddel som passet profilen til kasein i to andre malingslag fra skissen, og antydnet at deler av malingslaget er bundet i kasein.

En prøve fra et tynt og mediumrikt lag (P36) i *Forskerne Ia* ble imidlertid tolket til å inneholde en blanding av dyrelim og små mengder tørrende olje. I de opprullede aulaskissene ble det foretatt flere analyser av fargelag, og mange ulike bindemidler ble påvist, ofte i en og samme skisse (Sandbakken og Tveit 2012b).

¹⁷³ Kinetikk er læren om bevegelse og dynamikk (www.snl.no).

¹⁷⁴ Det er for eksempel funnet malinglag som har ligget over fragmenterte malingslag (Tveit 2014: personlig kommunikasjon).

Hjemmelaget maling

Gierløff skrev at Fjeld hjalp Munch å "blande farver" og at Munch kjøpte pigmenter i krukker under tiden han bodde på Skrubben (Gierløff 1953: 205, 208). Det kan antyde at han laget maling selv, eller med hjelp. Det kan både ha vært fordi han ønsket å manipulere fargene slik at han kunne oppnå de matte overflatene han ønsket og antageligvis fordi det var mer økonomisk.

Porøsiteten i malingslagene ble nærmere undersøkt i flere tverrsnitt i SEM-EDS og SEM-EDX fra *Forskerne I*. Det er ikke enkelt å vurdere om hulrommene som ble observert mellom pigmentkornene skyldes pigmentenes egenskaper, prepareringen av malingen¹⁷⁵ eller at malingen er nedbrutt.¹⁷⁶ Imidlertid vitner skissens generelle tilstand og overflate om at malingslagene er nedbrutte. De var antageligvis også matte og til en viss grad porøse da de var nymalte. Som nevnt tidligere indikerte to tverrsnitt (P17 og P26) at maling fra samme skisse ikke var fra prefabrikkerte tubefarger, men preparert for hånd.

At Munch brukte kasein er ikke usannsynlig. Vi kan lese ut i fra svarbrevet fra Werenskiold at Munch tydeligvis hadde spurt Werenskiold om råd angående bruk av kasein. Werenskiold rådet ham til ikke å bruke kasein fra Oslo, fordi den var av lav kvalitet (Werenskiold K 1539). Munch hadde også kjennskap til Max Klinger (1857-1920) og under tiden Munch oppholdt seg i Tyskland kan han ha sett eller visst om Klingers dekorasjonsverk for Universitetet i Leipzig (er tapt i dag) (Pettersen 2011: 178). Klingers monumentale verk ble malt i kaseinfarger på lerret og målte 615 cm x 20130 cm (ibid). Skisser fra Klingers verk ble presentert i 1907 (Pettersen 2011: 178) – det var to år før Munch begynte å lage skisser til aulaprosjektet. Klingers prosjekt kan ha inspirert Munch til å bruke kaseinfarger på lerret. Det er sannsynlig at han kan ha laget kaseinmaling selv. Selv om kasein er ikke-vannløselig etter tørking, påvirkes kaseinmaling likevel av fuktighet (Mayer 1991: 434).

Det at bindemidlene og maleteknikkene Munch brukte ga matte resultater stemmer overens med hans ønsker (LR 537; LR 157). Han skal ha uttalt at han ønsket at fargene skulle trekke inn i lerretsduken og likne freskomaleriets matte uttrykk (LR 157). Dette samsvarte også med

¹⁷⁵ I så tilfelle vil det hentyde at malingen antageligvis ikke er fabrikkprodusert.

¹⁷⁶ Her refereres et nedbrutt malingslag til at bindemiddelet er nedbrutt slik at forholdet mellom pigment og bindemiddel er endret. Altså at pigmentmengden i forhold til bindemiddel er høynet. I litteraturen refereres dette til at "pigment volume concentration", PVC, er høynet eller, at PVC, har minnet. (Michalski og Dignard 1997: 110).

tendenser i hans samtid (Callen 2000: 101). Det er tidligere påvist at når han brukte olje i aulaskissene, magret Munch fargene med terpentin og at han blandet dem med kritt, hvilket gjorde malingslagene porøse (Tveit 2011: 102).

9.4 De hvite krystallene

Sink, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater

Som nevnt ble det identifisert sink- og sinkmagnesiumsulfater i XRD-analysene, og i krystallprøver analysert i SEM ble det påvist magnesiumsulfat og sinkmagnesiumsulfat. Ingenting antydte forskjeller i resultatene i forhold til om prøvene var tatt fra fargelag eller bare lerretsområder. Det var heller ingen klare forskjeller på prøvene som var tatt fra tegnemediene eller de malte fargelagene. Det styrker og utvider hypotesen om at det er forbehandlingsmedier i lerretene og/eller ytre påvirkninger fra forurensning som har påvirket og ført til kjemiske reaksjoner i overflatene.

Det er usikkert hva krystallene som ble analysert i tverrsnittet P18 er. Inneholdet av oksygen og karbon med små andeler aluminium, silikon og kalsium er vanskelig å tolke.

I XRD var det mulig å påvise sinksulfatkrystallene i ulike vannhydreringsstadier. Mange metallsalter inkorporerer vannmolekyler inn i den krystalline satsstrukturen.¹⁷⁷ Metallsaltene er løselige i vann, og svært kjemisk reaktive (Chou og Seal 2004: 518; Beck 2012). XRD-analysene påviste sinksulfat med seks og syv vannmolekyler, altså heksahydrat og heptahydrat, også kalt goslaritt og bianchitt ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ og $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Sinkmagnesiumsulfat, kalt Boyleite, forekommer i hydreringsstadium med 4 vannmolekyler $(\text{Zn,Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. I naturlig tilstand finnes magnesiumsulfat kun i hydreringsstadier som mono- ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), heksa- ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) og heptahydritt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Det er altså de eneste som forekommer naturlig på jordkloden (Strang 23.5.2014: personlig kommunikasjon).

¹⁷⁷ Vanlig salt, natrium klorid, gjør det imidlertid ikke, muligens fordi natrium og klorinatomer former en struktur som er for kompakt til at vannmolekylene får plass (Derluyn 2012: 75).

Blandingsalter og krystallspredning

Krystallene kan forme krystallstrukturer med andre metallioner. Sinksulfat heptahydritt, Goslarite ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) tilhører epsomittgruppen som består av tre sulfatmineraler og har en felles formel: $\text{M}^{2+}\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Chou og Seal 2005: 518). I formelen står M^{2+} for Mg (epsomitt), Zn (Goslaritt) og Ni (morenositt). Goslaritt danner gjerne bindinger med Mg eller Ni (ibid). Det er antageligvis grunnen til at flere av analysene påviste saltblandingen Boyleite ($(\text{Zn}, \text{Mg})\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

I deler av krystallprøven som endret struktur og ble nåleformet, kan etanolen ha fungert som en katalysator for reaksjoner med seter av andre stoffer inni krystallene. Inni krystallene kan det altså være andre stoffer, som for eksempel aluminium som ikke har bundet seg til noe. Når krystallene delvis løser seg i etanolen skaper det reaksjoner og nye krystallformer oppstår (Melina Visur 29.5.2014: personlig kommunikasjon). De ulike vannhydreringsstadiene kan tilkjennevis ulike krystallstrukturer. For eksempel har natriumsulfat i hydreringsstadium mirabilite, typisk nåleformet krystallstruktur, mens magnesiumsulfat heptahydrat, epsomitt, har pyramidisk form (Derluyn 2012: 13).

Tilstedeværelse av krystaller i et område påvirker ofte kjernedannelse og krystallformering i områdene rundt, slik at det dannes krystalliseringssoner (Derluyn 2012: 56). På den måten har krystallene spredningsegenskaper. Det kan forklare hvorfor det var vanskelig å se mønstre i hvor krystallene er eller utrede spesifikke områder som konsekvent ikke har krystallvekst.

Fuktighetsekvilibrium og hydreringsstadier

Det er uvisst om amorfe salter kan ha krystallisert eller om hydreringsstadiene til eventuelle krystaller kan ha blitt påvirket av å bli lagt i vann på prøveplaten før XRD-analysene. Salter påvirkes av temperatur og relativ luftfuktighet og kan løse seg, krystallisere, hydrere eller dehydrere (Linnow 2007: 2). Det er imidlertid usikkert om saltene har hatt tid til å krystallisere eller hydrere eller dehydrere under tiden det lå på prøveplaten. I bygninger kan salter dannes inne i en bygningsstruktur for så å krystallisere og felle ut på et senere tidspunkt. Tiden det tar var i følge Paterakis ukjent (Paterakis 1999: 799). I studier av klimaet på planeten Mars er magnesiumsulfater en viktig del av studiene fordi saltenes hydreringsstadier

kan si noe om temperatur og trykk da saltene ble formet (Podratz *et al.* 2008).¹⁷⁸ I labforsøk kunne imidlertid Podratz *et al.* påvise at magnesiumsulfat heptahydrat (epsomitt) ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dehydrerer til heksahydrat ved 23°C i 50 % RF. Podratz *et al.* kontrollerte temperatur og RF under analysene i XRD (Podratz *et al.* 2008). De opplyste imidlertid ikke hvor lang tid det tok å dehydrere magnesiumsulfatet. Linnow forsøkte å dehydrere heksahydritt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) til kieseritt ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), forsøket viste at det tok tre uker å tørke krystallene i 200°C , før dehydreringen skjedde. Stipendiaten som utførte XRD-analysene av prøvene fra Munchs skisser mente at vannet ikke påvirket prøvene fordi hydreringsstadiene forteller hvor mye vann som var til stede da krystallene ble formet (Birkedal-Nilsen 2007: personlig kommunikasjon).

Noen av de nevnte referansene er motstridende, og spørsmålet om sink- eller magnesiumsulfat kan ha hydrert den tiden de lå på prøveplaten, er komplisert å svare på i denne oppgaven. Samtidig er det også usikkert om det er viktig i denne sammenhengen fordi prøvene som ikke ble oppløst i vann, men lagt på vakuumsfett på prøveplaten ikke viste avvik i forhold til de første resultatene. Det beviser imidlertid ikke om noen av prøvene kan ha hydrert eller dehydrert.

Hydreringsstadiene til visse saltkrystaller er imidlertid viktige i andre sammenhenger, siden det er en av grunnene til ødeleggelser i porøse bygningsmasser (Mora og Philippott 1984: 180; Siedel 2000: 1035). Dette er fordi krystallene vokser fysisk i størrelse når de hydrerer, det skaper stress og skader i bygningsmasser og kan også gjøre skade i veggmalerier (Mora og Philippott 1984: 180-181; Beck 2012).¹⁷⁹ Hydrering av krystaller inni og oppå malingslag burde derfor også være en bekymring, men har ikke blitt forsket på i like stor grad. På den annen side vil hvilken salttype som er tilstede ha betydning for hvor ødeleggende de kan være. Dersom krystallene, som ble diskutert i avsnittet over har hydrert, ville det antageligvis ha vært fra hydreringsintervall 6 til 7 vannmolekyler (Strang 9.4.2014: personlig kommunikasjon). Det utgjør en relativt liten forskjell i forhold til andre salter. Kalsiumsulfat har for eksempel 10 hydreringsintervaller, og vil endre volum i høyere grad og gjøre større

¹⁷⁸ På Mars antar man at opp mot 40 % av overflaten består av svovel og opp mot 15 % av magnesium, det er muligheter for kjemiske sammenhenger mellom de to (Podratz 2008: 1887).

¹⁷⁹ Under hydrering øker også vekten på krystallene, derfor blir ulike salters hydreringstadier brukt i forsøk for å bestemme eksakte molekylærvekter. Når epsomitt dehydrer til hexahydritt vil 10 % av krystallenes volum minskes og krystallenes overflater brytes ned (Podratz 2008).

ødeleggelse (Linnow 2007: 19). Imidlertid er det nevnte hydreringsintervallet for magnesiumsulfat erkjent som ødeleggende i veggmalierier (Siedel 2000: 1036).

Fuktigheten som de ulike saltene er avhengig av for å løses seg opp, sier noe om saltenes fuktighetsekvilibrium. Det er komplisert å bestemme under hvilke eksakte forhold de ulike salter krystalliserer. Innen termokjemi kan ekvilibriumskurver og ekvilibriumskonstanter regnes ut eller kalkuleres ved hjelp av mange ulike ligninger, blant annet Hoffs- og Gibbs-ligning (Bertch *et al.* 2011: 5). Pitzers ionesamspillsmodell blir også brukt for å forstå krystallisering av blandingssalter (Linnow 2007: 2). Imidlertid har laboratorieforsøk og forskning på enkelte av saltene og deres fuktighetsekvilibrer og noen hydreringsstadier blitt presentert i flere publikasjoner (Arnold og Zehnder 1987; Chou og Seals 2004; Derluyn 2012; Bertch *et al.* 2011; Baker 2012 og Linnow 2007). Som tidligere nevnt (kap.2, s.) har Arnold og Zehnder oppgitt at epsomitt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) har et fuktighetsekvilibrium ved 20°C og 90,1 % RF (Arnold og Zehnder 1987: 115).

Når saltene har krystallisert, er fuktighetsnivåene som påvirker hydreringsstadiene til for eksempel magnesiumsulfatene, varierte. Baker har presentert en tabell som viser at kieseritt ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) og sanderitt ($\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) hydrerer allerede ved 21 % -22 % RF, heptahydritt ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ved 41 % - 51 % og epsomitt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ved 51 % - 92 % (Beck 2012). Altså er nivået for epsomitt, som Beck har presentert, lavere enn det som ble publisert av Arnold og Zehnder. Det har blitt påstått at magnesiumsulfat i hydreringsstadium som epsomitt, er det mest stabile hydreringsstadiet i forhold til hydrering, men at det lett dehydrerer til magnesiumsulfat (Silvester *et al.* 2014: 39). Krystallisering av saltblandinger vil foregå under lavere fuktighet enn rene salter (Linnow 2007: 2). Becks målinger ble foretatt under romtemperatur, uten at temperaturen ble spesifisert (Beck 2012). Antageligvis har Munchs skisser gjennomgått alle de nevnte fuktighetsnivåene, og flere hydrerings- og dehydreringsreaksjoner kan ha oppstått gjennom skissenes liv.

I følge Rob Waller dehydrerer magnesiumsulfat heptahydritt lett til heksahydritt (Strang 23.5.2014: personlig kommunikasjon).¹⁸⁰ Reaksjonen reverserer også lett, og foregår ved 50-55 % RF og en temperatur på 24,85 °C (ibid). Magnesium i hydreringsstadium med ett

¹⁸⁰ Det var ikke mulig å få tak boken som inneholdt artikkel av Rob Waller (Howie 1992). Strang har sitert Waller i e-post til undertegnede.

vannmolekyl, kieseritt, er mer stabilt ved lavere RF og høyere temperaturer (Podratz 2008: 1). Når Kieseritt har hydret dehydrerer ikke krystallene like lett (ibid).

Når krystallene kan ha blitt synlige på skissene

Det er vanskelig å kartlegge nøyaktig hvilke omgivelser skissene ble utsatt for før de ankom Munch-museet. Skissene ble mest sannsynlig utsatt for ekstreme og ustabile klimaforhold den første halvdel av 1900-tallet. Fra 1963 har de vært magasinert i museet. Det er allikevel usikkert hvordan museets klimaforhold var de første tiårene. I en årsrapport for 1978 står det at VVS-anlegget ble skiftet ut og antyder at det var noe som regulerte klimaet fra før 1978 (Årsrapport 1978: Munch-museet). Fra 1992, da museet fikk et nytt tilbygg hvor blant annet det nye magasinet ble anlagt, kan klimaforholdene ha blitt relativt stabile (50 +/- 5 og ca. 18°C- 20 °C). Som nevnt, ble de første beskrivelsene av krystallene nedskrevet i 1989. Det er dermed sannsynlig at krystallene ble synlige før 1989, i hvert fall på skissene som da ble nevnt, *Historien I og Astronomi*.

Det er mulig at skissene kan ha vært utsatt for fukt under de ulike behandlingene de gjennomgikk i perioden 1948-1965, selv om det ikke er nevnt i konserveringsrapportene. Det ble satt spørsmålsteget rundt hvorfor det ikke var spor etter tidligere bretter eller folder i lerretene, slik bretter og folder var synlig i de fleste av aulaskissene som blir oppbevart på ruller. Thurmann-Moe mente at ingen skisser ble planert eller behandlet med metoder som inkluderte fuktighet, før oppspenning på blindrammer (Thurmann-Moe 2008: [Intervju]). Det er sannsynlig at eventuelle brette- eller foldemerker ble strukket ut i de elastiske lerretene av selve oppspenningen.

Det virker usannsynlig at de fem skissene som ble dublert på 60-tallet hadde krystaller i overflatene allerede da. Dersom krystallene var synlige den gang, er det rart at fenomenet ikke ble nevnt. Dubleringsprosessen inkluderte, enten en presse eller et strykejern. Krystallene ville ikke tålt å bli presset og ville antageligvis hatt et annet utseende i dag.¹⁸¹ Dubleringene inkluderte antageligvis fuktighet, som kan ha påvirket krystallisering i overflatene under opptørking. Samtidig er det mindre sannsynlig at kun denne spesifikke behandlingen har hatt stor betydning for skissene i forhold til krystallisering. Krystallmengdene eller utseende på

¹⁸¹ Behandlingen kan også ha inkludert så store mengder fuktighet at krystaller kan ha løst seg opp og at de i ettertid har rekrystallisert.

fenomenene i de fem dublerte skissene er ikke annerledes enn i de 10 skissene som ikke ble dublert.

En hendelse i museets historie er interessant i denne forbindelse, siden den inkluderte mest sannsynlig alle de 15 skissene. I 1978 var det en stor vannlekkasje i museets magasin (Årbok 1978: Munch-museet). Det hadde vært kraftig regnvær og vannet hadde fosset inn i magasinet (Grimstad 2014: personlig kommunikasjon). Aulaskissene hang i den delen av magasinet som ble hardest rammet (Grimstad 9.5.2014: personlig kommunikasjon). Alle malerier og skisser som var i fare ble evakuert samme dag (Thurmann-Moe 2008: [intervju]). Et maleri fra samlingen fikk imidlertid store vannskader (Årbok 1978: Munch-museet). Om flere verk kan ha fått mindre skader som ikke ble oppdaget da, er ikke mulig å vite. Sannsynligvis ble alle skissene utsatt for høy luftfuktighet under lekkasjen.

På den annen side er det innen bygningsbevaringen lagt vekt på gjentatte klimasykluser i forbindelse med krystallisering (Linnow 2007: 2; Derluyen 2012:4). Det antyder at det ikke er én enkelthendelse som påvirker saltkrystallisering. I den sammenheng er det ikke tvil om at de 15 skissene kan ha gjennomgått mange sykluser, som har inkludert både ekstremt høy- og lav RF og høye og lave temperaturer.

Antageligvis har saltene i de 15 skissene blitt formet, ved hjelp av flere påvirkninger, i en prosess gjennom mange år (Wheeler & Wypyski 1993: 55; Van Loon 2011: 1). De kjemiske prosessene som har dannet salter har mest sannsynlig startet allerede i skissenes første år. I tidligere forskning er det registrert at tiden fra et salt blir formet til det krystalliserer og feller ut på en overflate kan ta mange år (Wheeler og Wypyski 1993: 55). Det er vanskelig å si om krystallene kan ha blitt synlige omtrent samtidig på alle skissene eller om det har skjedd spredt. Siden saltkrystaller, som nevnt, har spredningsegenskaper, kan det bety at områder med fenomener har utvidet seg over tid. De tre skissene som ble behandlet ved at blant annet saltkrystallene ble løst opp med aerosolgenerator, kan være en indikator på at prosessen hvor krystallene blir synlige og store nok til å ses med det blotte øye, kan ta lang tid (i hvert fall under temperatur og RF-parameterne som holdes i museets magasin). Det er ikke observert synlige krystaller i skissene tre år etter behandlingen. Ettersom krystallene ikke ble fjernet, men løst opp, ved at krystallenes fuktighetsekvilibrium ble nådd, vil saltene fremdeles være tilstede i lerretsdukene og i fargelagene. Dette ble antydnet ved hjelp av XRF-analyser i lerretsduken til en av de behandlede skissene (*Historien I*), de samme grunnstoffene ble målt i

like store mengder som i de ubehandlede skissene (vedlegg 6, s. 152).

10. Konklusjoner og anbefalinger til videre bevaring

Årsakene til hvorfor Munchs skisser har utviklet store områder med krystaller i overflatene har antageligvis ikke én enkelt, men mange årsaker. Fenomenene har utviklet seg over tid. Kombinasjoner av dårlige lagringsforhold med blant annet ustabile fuktighetsnivåer og eksponering for både luftforurensning og forurensning gjennom nedbør, er eksempler på tre komponenter som kan ha påvirket fenomenene.

Funn og årsaker

Det ble funnet sink-, magnesium- og sinkmagnesiumsulfater på syv skisser.

Overflatekrystallene ligner fenomenene i de andre åtte skissene, og originalmaterialene i disse skiller seg ikke fra variasjonene som finnes i de syv. Derfor kan det antas at det er de samme metallsaltene som finnes i overflatene på alle de 15 skissene. Funnene av de tre metallsaltene er ikke vanlige å finne på malerier på lerret. Imidlertid er det i noen case-studier funnet sinksulfater på malerier på lerret og på papir. Magnesiumsulfat er mer vanlig å finne på veggmalerier, men er også funnet på oljemalerier.

Originalmaterialene kan delvis ha bidratt eller gjort det lettere for saltene å utvikle seg. Alun ble ikke påvist i lerretene og det er vanskelig å fastslå om lerretene ble forbehandlet, siden det ikke finnes spor etter substanser som kan relateres til en forbehandling. Imidlertid har lerretene karakterer som kan ha gjort dem mottagelige for forurensning. Lerretenes flossede overflater gjør dem ujevne og nedbrytning i fuktige omgivelser gjør lerreter sprø. Det kan derfor antas at lerretene også er sprø eller porøse. Det er lite sannsynlig at metallioner som finnes naturlig i små mengder i bomull alene har bidratt i stor grad til utvikling av saltene. Antydningen om store forekomster av de ulike metallionene S, Ca, K og Cl i Munchs skisser, gjør det mer sannsynlig at forurensning har vært en viktig faktor. Overrein, Seip og Tollan påviste at nedbør inneholdt Cl, SO₄, Ca, Mg, Na og K, som også stemmer overens med XRF-funnene i Munchs skisser. Det var det høye innholdet av S, som ble påvist i både XRF og SEM-EDX/EDS-analyser, som gjør sammenhengen med SO₂-forurensning mest sannsynlig og dominerende.

Analysene av bindemidler viste funn av olje, kasein, animalsk lim, fett/og eller oljepasteller. Det ble ikke funnet frie fettsyrer, metallsåper eller oksalater i prøvene. Det ble ikke påvist sammenheng mellom de påviste bindemidlene og overflatekrystallene. Noen fargelag har imidlertid tendenser til større forekomst av krystaller, men dette ble observert i skisser utført med tegnemedier.

Siden krystallene følger fargestiftene i flere skisser, antyder det at disse har vært spesielt utsatt for eksempel for forurensningsavsetninger. For eksempel kan fyllstoffer i fargestiftene ha reagert kjemisk med fuktighet og SO₂. Sulfatinnhold i enkelte pigmenter kan også ha forårsaket bindinger med innhold i forurensningsavsetninger, forutsatt eksponering for høy RF. Det er lite som tyder på at bindemidlene i stiftene eller malingslagene har påvirket de kjemiske prosessene. Det kan heller tyde på at det er tilstanden eller de porøse egenskapene til materialene som har hatt betydning. Med Munchs valg og ønske om å oppnå matte overflater, har fargelagene i utgangspunktet til en viss grad vært porøse. Med dette utgangspunktet har materialene også vært mer disponible for rask nedbrytning.

Det røde laget i *Nakne figurer I* som ble påvist å være en oljemaling hadde imidlertid små mengder krystaller i overflaten. Det samme gjaldt flere lignende malingslag i andre skisser. De fleste av disse lagene hadde imidlertid noen krystaller i overflatene, men i betydelig mindre mengder og bare i små områder. Et lignende gult lag, også i *Nakne figurer II*, var i motsetning dekket av krystaller. Derfor kan det ikke fastslås at oljemalingslagene ikke var disponible for overflatekrystaller, men de kan være mindre disponible, fordi de er mindre porøse enn fargestiftene, lim- og/eller kaseinmalingen.

Altså har fargelagenes porøse karakter og tilstand, i tillegg til lerretenes mulige porøsitet, åpne struktur (umalte områder) og flossethet, bidratt til at de har vært disponible for partikkelavsetninger i form av forurensning. Porøsiteten til fargelagene i Munchs skisser kan bety at saltene har plass til å krystallisere og vokse ved hydrering. Et material med tette porer har ikke plass til krystallisering. Skissenes generelt åpne strukturer gjør også at krystallene kan vokse fritt. Det kan være grunnen til at overflatekrystallene finnes i nesten alle områder, og på mange skisser i stort omfang. I tillegg har krystallene spredningsegenskaper og er også en grunn til omfanget av fenomenene. Det ble også observert områder med overflatekrystaller i de opprullede aulaskissene, men bare i noen få og i små områder. Det er mulig at selve opprullingen hindrer krystallene å utvikle seg fritt.

Preventive tiltak, videre bevaring

Å gi ideelle parametere for videre oppbevaring av skissene er vanskelig fordi saltene er påvist i tre ulike hydreringsstadier som reagerer ved forskjellige parametere. XRD-analysene påviste sinkulfat i to ulike hydreringsstadier. I XRD ble magnesium påvist som blandingsaltet sinkmagnesiumsulfat som er i hydreringsstadium med fire vannmolekyler. I SEM-EDS/EDX ble det konsekvent funnet magnesiumsulfat og sinkmagnesiumsulfat både i prøver av krystaller og i overflatene av skissene. Denne metoden påviser ikke hydreringsstadier. Derfor er det vanskelig å vite hvilke hydreringsstadier magnesiumsulfatene er i.

Hydreringsstadiene til magnesiumsulfat kan reagere på fuktighetsnivåer mellom 21-92 %. Disse verdiene gjelder ved romtemperaturer. Imidlertid er det påvist at temperaturene også påvirker hydreringsstadiene, jo lavere temperatur, desto høyere fuktighetsnivåer kreves for at de kjemiske reaksjonene skal innfris. Fordi sinkulfat og magnesiumsulfat tilhører samme gruppe, epsomittgruppen, og forekommer naturlig i samme hydreringsstadier, kan det være sannsynlig at hydreringsreaksjonen til de to saltene likner hverandre.

Hydreringsparameterne som er nevnt i forrige avsnitt og tidligere i diskusjonen, viser at flere av dem ligger innenfor Munch-museets RF- og temperaturnivåer. Det betyr at kjemiske reaksjoner kan foregå i overflatene på skissene i forbindelse med hydrering og dehydrering.

Det er temperaturparameterne som det er mulig å regulere i forhold til videre bevaring av skissene. Det er i forhold til at et tørrere miljø ikke er å foretrekke, hverken for skissene eller andre verk i samlingen. Forbundet med hydrolytisk nedbrytning, kan det altså være en fordel med lavere temperatur for alle materialer. Det er kjent at en senkning av temperatur, noen grader, er å foretrekke i museer, fordi temperatur påvirker nedbrytning. Fordi skissene er permanent lagret i museets magasin, er det mulig med en temperatursenkning i dette området, uten at det nevneverdig går ut over publikum eller ansattes arbeidsmiljø.

Undersøkelsene av skissene påviste at overflatekrystallene har påført eller påfører fargelagene skader. Dette var særlig påvist i tegnemediene, men også i malingsslagene. Det er vanskelig å avgjøre om krystallene har sprengt seg gjennom fargelagene fra lerretene eller om de kjemiske reaksjonene kun har foregått i overflatene, eller om reaksjonene kan ha foregått på begge måter. Forurensningspartikler kan ha fulgt med fuktighet som har trukket inn i de

hygroskopiske fargelagene. Deretter kan partiklene ha dannet kjemiske ionebindinger inni fargelagene, for så å felle ut og krystallisere etter gjentatte klimasykluser.

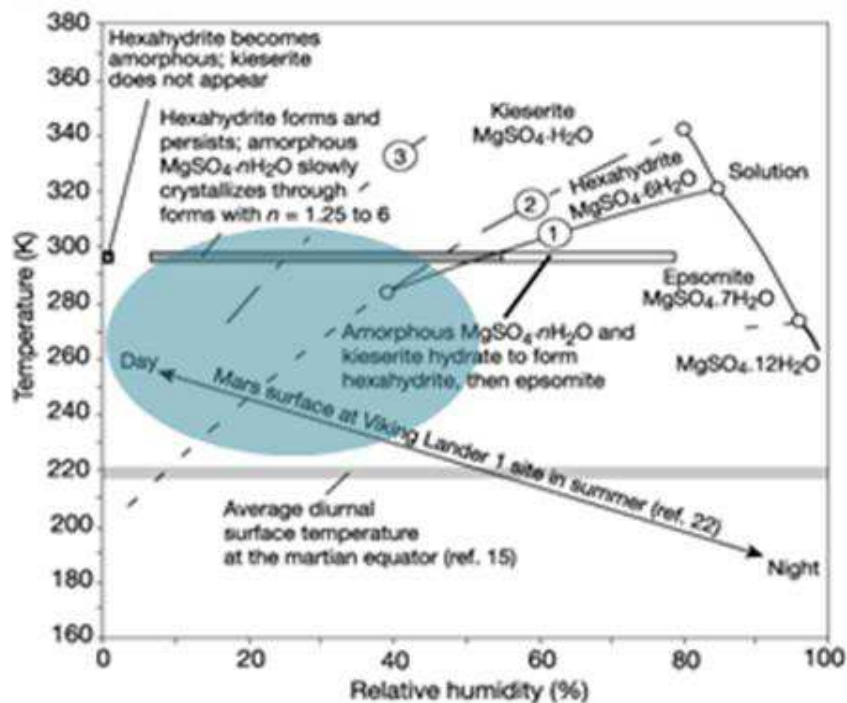


Diagram som viser når magnesiumsulfat (epsomitt) hydrerer og når metallsaltet er stabilt; innenfor det ovale blå området. Parameterne som er brukt er RF og temperatur, temperatur er oppgitt i kelvin (for å regne om til celsius må det trekkes fra 273,15) (Podratz 2008).

11. Videre forskning

I forbindelse med skissenes tilstander er det utfordrende å foreslå behandlingsmetoder. I litteratur fra før 1980 er det publisert flere artikler om behandling av malerier med overflatefenomener. Forskningen de siste decenniene har imidlertid vært konsentrert rundt det å forstå de kjemiske reaksjonene i oljemalingsfilm, ofte på molekylærnivå. Det har altså blitt publisert lite litteratur angående behandling av malerier med hvite overflatefenomener. Imidlertid finnes det langt flere publikasjoner om behandling av veggmalerier med saltutfellinger, disse behandlingsmetodene er ofte ikke overførbare til lerretsmaleri.

I noen tilfeller vil det kanskje være fornuftig og avstå fra behandling. Tilstandene i Munchs skisser tilsier at det ikke kan anbefales, altså at en behandling er nødvendig. Dette er særlig i forbindelse med at skissene, og alle verk i Munch-museets samling, skal flytte til nytt museum i løpet av det første tiåret. En slik flytte-påkjenning krever at fargelagene stabiliseres.

Forskning på ulike behandlingsmetoder, for alle typer overflatefenomener, kan være nyttig for mange museumssamlinger som har materialer med hvite overflatefenomener.

12. Referanser

Noen artikler og bøker i denne referanselisten gjelder også referanser til vedlegg 14 og 16.

Acroyd, P. og Villers, C. 2003. "Increasing Minimalism". *Alternatives to Lining, the Structural Treatment of paintings on Canvas Without Lining*, Preprints for BAPCR & UKIC's Conference, London: Tate Gallery, 9-14.

Appelbaum, B. 1987. "Criteria for Treatment: Reversibility", i *JAIC* 1987, Vol. 26, No. 2, Article 1, 65-73.

Arnold, A. og Zehnder, K. 1991. "Monitoring Wall Paintings Affected by Soluble Salts", i Cather, S (Red.), *The Conservation of Wall Painting*, Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, 100-135.

Ashley-Smith, J.A. 1987. *Science for conservators: Adhesion and coatings*, 2.utg. volum 3, London: The Conservation unit of the Museums and Galleries commission og Routhledge, 13-140.

Aslaksby, T. 1998. "The Conservation of the Edvard Munch Collection: A Story Spanning more than Fifty Years", i Upublisert manuskript til foredrag holdt ved Symposiet "Under Pressure II", Northumbria Universitet, Newcastle, April 24th 1998, 1-11. (Munch-museets bibliotek).

Aslaksby, T. 1999. "The Weathered Paintings of Edvard Munch: Artistic Intention, Conservation, Display – a Triangle of Conflicts", i *Talk given at the symposium "Guernica and the Ethical and Technical Problems of Handling Works of Art"*, Museo de Reina Sofia, Madrid, January 15th 1998, 1-4.

Aslaksby, T. 2002. "The weathered paintings by Edvard Munch: Artistic Intention, Conservation, Display. A Triangle of Conflicts", i *El Guernica y los problemas éticos y técnicos de la manipulación de obras de arte*, Barcelona: Gráficas Calima, 285-292.

Beck, W. 2012a. "Treatment of Efflorescent salts on twentieth-century frescos in the Parliamentary Precinct, Ottawa, Canada" (extended poster), i *IIC, Vienna Congress: The Decorative, Conservation and the Applied Arts*, 342-343.

Ballard, M. 1993. "Hanging Out: Strength, Elongation, and Relative Humidity: Some Physical Properties of Textile Fibres", i *ICOM CC 11th Triennial Meeting*, Edinburgh, Vol. II, 665-670.

Bell, S.H. 1970. "Controlling loss of gloss - Zink Oxide Hazing", i *Paint and Varnish Production*, Vol. 60 No. 4, 55-60.

Beltinger, K. (2006). *Art Technological Investigation on the Paintings of Ferdinand Holder*. Zürich: Schweitzerisches Institute für Kunstwissenschaft.

Berrett, K. 1994. "Conservation Surveys: Ethical Issues and Standards", i *JAIC* 1994, Vol. 33, No. 2, Article 10, 193-198.

Berg van den, J.D.J. 2002. "Analytical chemical studies on traditional linseed oil paints", Molart report 6, Amsterdam: FOM institute for atomic and molecular physics (AMOLF), 1-256.

Berg van den, J. D.J. van der; Berg, K. J. van der og Boon, J. J. 1999. "Chemical changes in curing and ageing oil paints", i *ICOM-CC 12th Triennial meeting Lyon*, 29 August – 3 September, preprints Vol. 1, 248-253.

Berman, P. 2011. "Fra Munchs laboratorium", i *Munchs laboratorium; veien til Aulaen*, utstillingskatalog, Oslo: Munch-museet, Unipub, 41-71.

Berman, P. 1989. *Monumentality and historicism in Edvard Munch's University of Oslo festival hall paintings*, Phd. tese, New York University, 1-263.

Boissonnas, P.B. 1977. "A treatment for Blanching in Paintings", i *Studies in Conservation*, Vol. 22, 42-44.

Brimblecombe, P. og Lankester, P. 2013. "Long-term changes in climate and insect damage in historic houses", i *Studies in Conservation* Vol 58, number 1 IIC, Leeds: Maney Publishing.

Brodén, M. 1978. *Vävning*, Stockholm: lts. Förlag.

rommelle, N. 1956 a. "Material for a history of conservation: The 1850 and 1853 reports on the National Gallery", i *Studies in Conservation*, Vol. II no 4 Oct. 1956, IIC, 176-187

Brommelle, N. 1956 b. "Bloom in varnished paintings", i *Museums Journal*, no 55, London: The Museum Association, 263-266.

Brückle, I. 1992. "Aspects of the use of Alum in Historical Papermaking", i Fairbass, S. (red.), *The Institute of Paper Conservation*, Conference paper, Manchester, 201-207.

Brückle, I. 1993. The Role of Alum in Historical Papermaking, i *Abbey Newsletter*, vol 17, nummer 4, (artikkel basert på en forelesning gitt på IPC Conferance in 1992 in Manchester), 1-12.

Burns, T. 2007, *The Inventions of Pastel painting*. London: Archetype Publications.

Burns, T. 2006. "Distinguishing Between Chalk and Pastel in Early Drawings", i Statise, H. og Salvesen, B. (red.), *The Broad Spectrum, Studies in the Materials, Techniques and Conservation of Colour on Paper*, Venezia: Archetype Publications, 12-17.

Burns, T. 1994. "Chalk or Pastel?: The use of coloured media in early drawings", i *The Paper Conservator*, the Journal of the Institute of Paper Conservation, Vol. 18, 49-56.

Burnstock, A.; Caldwell, M. and Odlyha, M. 1993. "A Technical Examination of Surface Deterioration of Stanley Spencer's Paintings at Sandham Memorial Chapel", i *ICOM-CC 10th Triennial Meeting Washington DC, USA 22-27 August 1993*, 231-239.

Cardon, D. 2007. *Natural Dye; Sources, Tradition, technology and Science*, Higgitt, C. (trans.), London: Archetype Publications Ltd.

Chambers, T.C. & Possingham, J.V. 1963. "Studies of the Fine Structure of Wax Layer on Sultana Grapes", i *Australian Journal of Biological Sciences*, 16(4), 881-825.

Charola, A.E. 2000. "Salts in the Deterioration of Porous Materials: An Overview", i *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 39, 327-343.

Chou, I-M. og Seal, R. 2005. "Determination of goslarite-bianchite equilibria by the humidity-buffer technique at 0.1 MPa", i *Chemical Geology* 215, Elsevier B.V., 517-523.

Colbourne, J. 2010. "A master-class on fixing and consolidating friable and sensitive media", foredrag holdt ved Nasjonalbiblioteket i Oslo, 9-11. juni 2010, Power Point slides, 31 sider.

Clavir, M. 1996. "Reflections on Changes in Museums and the Conservation of Collections from Indigenous People", i *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 35/2, 99-107.

De Bernardis, S. 2008. "Not preparation but impregnation: transparent paintings of the late eighteenth century painted by Giovan Battista Bagutti (1742-1823)", i Townsend, J., Doherty, T., Heyndreich, G. og Ridge, J. (red.), *Preparation for Painting: The Artist's choice and its consequences*, London: Archetype Publications, 92-99.

Dei, L.; Baglioni, P.; Bitossi, G. og Mauro, M. 1999. "Thermal analysis in the characterisation of salt efflorescence in cultural heritage conservation", i Marabelli, M. and Parisi, C., (red.), *6th International Conference on "Non-Destructive Testing and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage*, Roma, May 17-20, proceedings, Italian Society for Non-destructive testing, 531-542.

Dubois, H., Khanjian, H., Schilling, M., Wallert, A. 1997. "A Late Fifteenth Century Italian Tüchlein", i *Zeitschrift für Kunsttechnologie und konservierung (ZZK)*, vol. 2, 228-237.

Derluyn, H. 2012. "Salt Transportation and Crystallization in Porous Limestone: Neutron-X-Ray Imaging and Poromechanical Modeling", PhD- tese, Leuven Universitet, Belgia.

Dussubieux, L., Pinchin, L., Tsang, S.E. og Tumosa, C.S. 2005. "Non-destructive elemental analysis: reliability of a portable x-ray fluorescence spectrometer for museum application", i *ICOM-CC 14th Triennial Meeting*, Haag 12-16 sept., London: James & James, 766-773.

Dykstra, S.W. 1996. "The Artist's Intentions and the International fallacy in Fine Arts Conservation", i *Journal of the American Institute for Conservation (AIC)*, Vol. 35, No. 3, 197-218.

- Eastaugh, N. 1990. "The Visual Effects of Dirt on Paintings", i *Dirt and Pictures Separated, papers given at the conference held jointly by the UKIC and the Tate gallery, January 1990*, London: The United Kingdom Institute of Conservation, 19-23.
- Edlin, H.L. 1994. *What Wood is that? A manual of Wood Identification*. Hertford: Stobart Davis Ltd.
- Edson, G. (ed.) 1997. *Museum Ethics*. Oxon: Routhledge
- El-Gohary, M. 2011. "Chemical Deterioration of Egyptian Limestone Affected by Saline Water", i *International Journal of Conservation Science*, Volume 2, Issue 1, 17-28.
- Ellis, M.H. og Yeh, M.B. 1998. "The history, use and characteristics of wax-based drawing media", i *The Paper Conservator*, the Journal of the Paper Institute, Volume 22, 48-55.
- Ellis, M.H. og Yeh, B. 1997. "Categories of Wax-Based Drawing Media", i *Waac Newsletter*, volum 19, nummer 3, 1-5.
- Easthaug, N., Walsh, V., Siddal, R. 2008. *Pigment Compendium: Optical Microscopy of Historical Pigments*, Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Easthaug, N., Walsh, V. og Chaplin, T. 2008. *Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*, Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Eastop, D. 1995. "Decision making in conservation: determining the role of artefacts", i *International Perspectives on Textile Conservation*, Papers from the ICOM-CC Textile working group meeting Budapest: Arcehtype publications.
- Epley, B. 2000. Jan Both's Italian Landscape, i Ann Massing (red.), *Hamilton Kerr Institute, Bulletin* number 3, Cambridge, 127-135.
- Espinosa, R.M.M., Franke, L. & Denckelmann, G. 2008. "Predicting efflorescence and subflorescence of salts", i *Materials Issues in Art and Archeology VIII*, Vol. 1047, Materials Research Society, 105-114.
- Erhardt, D. og Meklenburg, M. 1994. "Relativ Humidity Re-Examined, i *Preventive Conservation, Practice, Theory and Research*", i Preprint for the Ottawa Congress, IIC, 32-38.
- Ferrer, J. Grytdal-Matheson, I. Sandbakken, E.G. og Topolova-Casadiejo, B. 2009. "Menneskeberget: et utfordrende konsolideringsprosjekt i stort format", i *Meddelelser om Konservering*, IIC, Nordisk gruppe, nr. 1/2009, 12-21.
- Flaatten, H.M. 2009. *Soloppgang i Kragerø, historien om Munchs liv på Skrubben 1909-1915*, Kragerø kommune.
- Florian, M-L. 1997 *Heritage Eaters, Insects and Fungi in Heritage Collections*. London: James & James.

- Franzini, M.; Leoni, L.; Santori, F. og Veniale, Fernando 1997. "The Leaning Tower of Pisa: Occurrence and Distribution of the Masonry Decay By-products", i *Science and Technology for Cultural Heritage*, Vol. 6, Issue number 2, 135-144.
- Frøysaker, T. 2007. "The Paintings of Edvard Munch in the Assembly Hall of Oslo University", i *Restauro*, 4, 246-257.
- Frøysaker, T., Miliani, C. og Liu, M. 2011. "Non-invasive evaluation of cleaning tests performed on 'Chemistry' (1909-1916)", i *Restauro* 4/juni 2011, 53-63.
- Fuga, A. (2004). Zuffi, S. (red.) *Artists' techniques and materials*, oversatt til engelsk av Fronsgia, R.M.R. 2006, Los Angeles: The J. Paul Getty Museum.
- Getlein, M. (red.) 2010. *Living with Art*, 9th (første utgave 1988). New York: McGraw Hill Higher Education.
- Gierløff, C. 1953. *Edvard Munch Selv*. Oslo: Gyldendal norsk forlag.
- Gierløff, C. 1946. "Litt fra Skrubben og Ekely", i *Kunst og Kultur*, nr. 29, 127-172.
- Gordon, S. og Hsieh, Y.L. red. 2007. *Cotton: Science and technology*, Cambridge: The Textile Institute Woodhead Publishing Limited.
- Gottlieb, J. S. 1982. "A note on Identifying Bloom on Leather Bindings", i *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 22, No. 1, (Autumn 1982), 37-40.
- Green, S. (1992). "An Outline History of Sizing Methods with Special Reference to Practises at Hayle Mill", i Fairbass, S. (red.), Manchester: *The Institute of Painting Conservation*, Conference papers, 197-206.
- Grimstad, I. 2000. "*Menneskeberget: en studie av Edvard Munch, undersøkelses- og konserveringsrapport for MM M 935*". Hovedfagsoppgave, UiO.
- Groen, K. 1988. "Scanning Electron-Microscopy as an Aid in the Study of Blanching", i McClure, I. (red.), *Hamilton Kerr Institute Bulletin*, nr. 1. Cambridge: Hamilton Kerr Institute, 48-65.
- Hackney, S. 1990. "The Removal of Dirt from Turner's Unvarnished Oil Sketches", i *Dirt and pictures separated*. Tate Gallery and UKIC, 35-39.
- Hanssen-Bauer, F. 1996. "Stability as a Technical and an Ethical Requirement in Conservation", i *Cleaning, Retouching and Coatings, IIC Preprints of the Contributions to the Brussels Congress 3-7. September*, London: Earthscan/ James and James, 166-171.
- Harley, C. 1993. "A Note on Crystal Growth on the Surface of a Wax Artifact", i *Studies in Conservation*, Volume 38 Number 1 February 1993, IIC, 63-66.
- Hedley, G., Viller, C. og Mehra, V.R. 1993. "Artists' Canvases: their History and Future", i Hedley, G. og Villers, C. (red), *Measured Opinions, collected papers on the Conservation paintings*, London: United Kingdom Institute for Conservation, 50-57.

Helliesen, S. 1993. *Tegnekunst: fra forarbeid til ferdig kunstverk*. Skien: Labyrinth Press.

Hermes, E. 1999. "The artist's position in conservation", i *Modern art, who cares?*
Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art/Netherlands Institute for
Cultural Heritage, 397-299.

Heydenreich, G. 2008. "The colour of canvas: historical practises for bleaching artist's linen",
i Townsend, J., Doherty, T. og Heydenreich, G. (red.), *Preparation for Painting: The Artist's
Choice and its Consequences*, Archetype Publication, 30-42.

Hong, S. H.; Ridley, I. og Oreszczyn, T. 2003. "A Hygrothermal Monitoring and Modelling
of a Historic Roof", i *Eight International IBPSA Conference Eindhoven*, the Netherlands
August 11-14 2003, 515-522.

Horie, C.V. 1987. *Materials for conservation- organic consolidants, adhesives and coatings*.
Oxford: Butterworth og Heinemann.

Jedrzejewska, H. 1976. *Ethics in Conservation*. Kungliga Konsthögskolan, Institutet för
materialkunskap, Stockholm: Skeppsholmen, 3-17.

Jirat-Wasiutynski, V. og Newton Jr. H.T. 1998. "Absorbent grounds and the matt aesthetic in
post-impressionist paintings", i Roy, A. og Smith, P. (red.), *IIC contribution to the Dublin
congress 7-11. Nov. 1998*, London, 235-239.

Johansson, L. U. 1988. "Fornminnesvård, restaurering och konservering", i
Konserveringsetikk, Nordisk Konservatorforbunds XI Kongres, Reykjavik 20. -24. Juni 1988,
85-92.

Jokilehto, J. 2005. *A History of Architectural Conservation*. Oxford: Elsevier Butterworth
Heinemann, Linacre House, Jordan Hill.

Khandekar, N. 2003. "Preparation of cross-sections from easel paintings", i *Reviews in
Conservation*, nummer 4, 52-64.

Keck, S. 1984. "Some Picture Cleaning Controversies: Past and Present", i *Journal of the
American Institute for Conservation (JAIC)*, volume 23, nummer 2, artikkel 1, 73-87.

Kirby, J., Spring, M. og Higgitt, C. 2005. "The technology of Red Lake Pigment Manufacture:
Study of the dyestuff Substrate", i *National Gallery Technical Bulletin*, Vol. 26, Yale
University Press, London, 71-87.

Kirsh, A. og Levenson, R.S. 2000. *Seeing Through Paintings: Physical Examination in Art
Historical Studies*. Material and Meaning in the Fine Arts, Vol. 1. (bokserie). New Haven:
Yale University Press.

Keune, K. 2005. *Binding medium, pigments and metal soaps characterised and localized in
paint cross-sections*. PhD-avhandling, Amsterdam Universitet.

Keyserlingk, M. 1995. "Moral dilemmas in textile conservation", i *International Perspectives on Textile Conservation*, papers from the ICOM-CC Textile Working Group Meeting, Amsterdam 13-14 October 1994 and Budapest 11-15 September 1995, London: Archetype Publications, 47-49.

Kokkori, M. 1997. "Investigation of Blooming: a case study on a 20th century painting", i *Papers Presented at the 15th Gerry Hedley Student Symposium*, 23rd May 1997, Northumbria University, 86-93.

Koller, J. og Burmester, A. 1990. "Blanching of Unvarnished Modern Paintings: A Case Study on a Painting by Serge Poliakoff", i *Cleaning, Retouching and Coatings, Preprints of the Contribution to the Brussels Congress, 3-7 September 1990*, 138-143.

Koyano, M. 1992. "Fungal Contamination of Japanese Paintings Stored in Japan", i *Biodeterioration of Cultural Property 2*, proceedings, 570-578.

Koyano, Masako 1987. "A Preliminary Report on the Examination of Crystals Found on Oil Paintings in Japan Using Non-Destructive X-Ray Diffraction", i *8th Triennial Meeting, Sidney, Australia, 6-11 September, 1987*, Preprints. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 59-65.

Kühn, H. og Curran, M. 1986. "Chrome yellow and other chromate pigments", i Feller, R.L. (red), *Artists' pigments; a handbook of their history and characteristics*, Vol. 1, Cambridge University press, 187-218.

Langgaard, J.H. 1951. "Beretningen om virksomheten i femårs-perioden 1946-1951", i Oslo kommunes kunstsamlinger Årbok 1946-1951. Oslo: Cammermeyers Boghandel, 60-82.

Landi, S. 1998. *The textile conservator's manual*, 2.utg. (1985) Oxford: Butterworth Heinemann.

Landrø, I. og Wangensteen, B. 1986. *Bolmålsordboka, definisjons-og rettskrivingsordbok*. Oslo: Universitetsforlaget AS.

Learner, T. 2000. *Analysis of Modern Paints*, red. Greenberg, M. et al., Los Angeles: Getty Publication.

Lelekov, L.A. 1987. "Professional Ethics in Restoration", i *ICOM CC 8th Triennial Meeting*, Sidney, Australia 6-11 September 1987, Preprints: Theory and History of Restoration, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 545-548.

Leo, P., Sawdy, A., Veronina, V. 2010. "Physical principals and efficiency of salt extraction by poulticing", i *Journal of cultural heritage* 11, no. 1, 59-67

Ling, H., Tao, H., Snethlage, R. og Wendler, E. 1997. "Investigation of the Deterioration and Conservation of the Dafosi Grotto", i Agnev, N. (red), *Conservation of Grotto Sites on the Silk Road*, International Conference, Los Angeles: the Getty Institute, 320-328.

Linnow, K. 2007. "Salt damage in porous materials: an RH-XRD investigation", Doktoravhandling, Kjemisk Institutt, Universitet i Hamburg.

Lonchamp, P. 2006. "Surface Bloom on improperly tempered chocolate", i *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 108, Issue 2, 59-168.

Malkogeorgou, T. 2006. "The Ethics of Conservation Practice: A Look From Within", i *Victoria and Albert Museum Bulletin*, vår 2006, No. 52

Mactaggert, P. og Mactaggart, A. 1998. *A pigment microscopist's notebook*, 7th rev., Somerset: utgitt av forfatterene

Mayer, Ralph 1991. *The Artist's Handbook of Materials and Techniques*, 5th utgave, Penguin Books Ltd., USA.

McLean, W. 1996. "Leather Bloom- causes and remedies", i *Deep Skin*, volume 2, J.Hewit & Sons Ltd.

Mecklenburg, M.F. 2011. Structural response to temperature; Determining the acceptable ranges of relative humidity and temperature in museums and galleries, i *The structure of paintings and the mechanical properties of cultural materials*, part 2, kurs papirer, November 2011, Konservatorskolen København, 1-30.

Merrill, L. 1992. *A pot of Paint: Aesthetics on Trial in Whistler v. Ruskin*, Washington: Smithsonian Institution Press.

Merello, P., García-Diego, F., Zarzo, M. (2013). "Evaluation of Corrective measures implemented for the preventive conservation of fresco paintings in Ariadne's house (Pompeii, Italy)". I *Chemistry Central Journal* 7:87, 1-11.

Meyer, I. (1988). "Hvordan vurderes konservatorens arbejde?" i *Konserveringsetikk, Nordisk Konservatorforbunds XI Kongres*, Reykjavik 20. -24. Juni, 109-117.

Michalski, S. 1990. "A Physical model for the Cleaning of Oil Paint", i Mills, J.S. og Smith, P. (red.), *Cleaning, Retouching and Coatings: Technology and Practise for Easel Paintings and Polychrome Sculpture, IIC Preprints of the Contributions to the Brussels Congress*, 3-7 September 1990, 85-92.

Michalski, S., Dignard, C., van Hendel, L. og Arnold, D. 1998. "Ultrasonic mister: Application to consolidation treatments of powdery paint on wooden artifacts". i *Painted wood: History and conservation*, proceedings of the symposium in Williamburg, Virginia, Sept. 11-14 1994. Singapor: J. Paal Getty trust, 498-513.

Miliani, C., Sgamellotti, A., Kahrim, K., Brunetti, B.G., Aldrovandi, A., Bommell, M.R., van der Berg, K.J., Janssen, H. 2008. "MOLAB, a mobile facility suitable for non-invasive *in-situ* investigations of early and contemporary paintings: case study – *Victory Boogie Woogie* (1942-1944) by Piet Mondrian", i *ICOM CC Triennial Meeting*, 22-26 September, New Dehli, Vol. II, 857-864.

Mills, J. og White, R. 1987: *Organic Chemistry of Museum Objects*, London: Butterworth & Co Ltd.

Monico, L. Rosi, F., Miliani, C., Daveri, A. og Brunetti, B. 2013. "Non-invasive identification of metal-oxalate complexes on polychrome artwork surfaces by reflection mid-infrared spectroscopy", i *Spectrochimica Acta part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Elsevier, 270-280.

Mora, P. Mora, L. og Philippot, P. 1984. *The conservation of wall paintings*. London: Butterworth-Heinemann.

Newman, R. 1994. "Tempera and other nondrying-oil media", i Dorge, V. og Hawlett, F.C. (red), *Painted wood: History and conservation*, proceedings of the symposium in Williamsburg, Virginia, Sept. 11-14 1994. Singapor: J. Paal Getty trust, 33-63.

Nobel, P. og Wadum, J. 1999. "The restoration of the Anatomy lesson of Dr Nicolaes Tulp", i *Rembrandt under the scalpel: The Anatomy lesson of Dr Nicolaes Tulp dissected*. Den Haag: Mauritshuis, 51-74.

O'Neill, K. 2012. "Finding a New Standard for Rolled Cotton in North American Paintings Conservation", i *WAAC Newsletter*, volume 34, number 2, 20-22.

Ordonez, Eugena og Twilley, John 1998. "Clarifying the Haze, Efflorescence on Works of Art", i *Waac Newsletter*, January 1998, Volume 20 number 1, 1-11

Overrein, L.N., Seip, H.M. og Tollan, A. 1980. *Acid precipitation – effects on forest fish*. Forskningsrapport 19/80 (SNSF), Aas Universitet.

Payne, C. 1993. "Restretching: Proceed with Care", i *AICCM Bulletin*, Vol. 19, No. 1 and 2, 25-31.

Pedersen, R.B. 2010. "Egenskaper til fett i proteinkonsentrat framstilt ved ensilering av biprodukter fra oppdrettet laks og ørret". Masteroppgave i fiskerifag, Norges fiskerihøgskole, fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi, Tromsø Universitet.

Percival-Prescott, W. 1996. "Eastlake Revisited: Some Milestones on the Road to Ruin", i *Preprints 11th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation*, Vol 1, 73-75.

Perry, R. 1990. "Problems of dirt accumulation and its removal from unvarnished paintings: a practical review", i *Dirt and Pictures Separated, papers given at the conference held jointly by the UKIC and the Tate gallery, January 1990*, London: The United Kingdom Institute of Conservation, Holland Park, 3-7.

Perlstein, E. 1986. "Fatty Bloom on Wood Sculptures from Mali", i *Studies in Conservation*, Volume 31, Number 2 may 1986, IIC, 83-91.

Peterakis, A. B. 1999. "Those evasive salt crystals", i *ICOM-CC Preprints 12th Triennial Meeting Lyon 29. August – 3. September 1999*, Vol. 1, 799-802.

Pettersen, P. 2011. "Alma Mater-Munchs stebarn", i Ydstie, I. (red.), *Munchs laboratorium; veien til Aulaen*, utstillingskatalog, Oslo: Munch-museet, Unipub, 147-197.

Pettersen, P. 2008. Munchs aula-dekorasjoner, i Woll, G. (red), *Edvard Munch: samlede malerier: Catalogue Raisonné*, Oslo: Cappelen Damm, 829-851

Petovic, D. 1999. "Working with artists in order to preserve original intent. Proceedings Group I." i Hummelen, I.J. og Sillé, D. (red.), *Modern art: Who Cares?*, The Foundation for the Conservation of Modern Art and the Netherlands Institute for Cultural Heritage, Amsterdam, 391-400.

Pinna, D., Galeotti, M., og Mazzeo, R. red 2009. *Scientific Examination for the Investigation of Paintings. A Handbook for Conservator-restorers*. Opificio delle Pietre Dure e Laboratori de Restauro di Firenze og Alma Mater Studiorum, University of Bologna og EU-ARTECH, Firenze, Italy.

Plahter, L. E. 1999. "Betraktninger ved et jubileum", i *Leif Einar Plahter, Conservare Necesse Est, Festskrift til Leif Einar Plahter*, NKF-N/IIC, Brumunddal: Hagen Offset as, 76-78.

Plahter, L.E. og Plahter, U.S. 1999. "The Young Christ among the doctors: by Teodoer van Baburen: Technique and Condition of a Dutch Seventeenth Century Painting on Canvas", i *Conservare necesse est*, Festskrift til Leif Einar Plather på hans 70 års dag, Oslo: Nordisk Konservatorforbund, 42-64.

Podratz, L.A., Bish, D.L. og Schieber, J. 2008. "Magnesium sulphate phase equilibria in simulated Martian conditions", i *Lunar and Planetary Science 39th meeting, 10-14 mars 2014*, League City, Texas, 1887-1889.

Portelli, A. 2006. "What makes oral history different", i *The Oral History Reader* (2ed) Perk og Thomson (red.), Routledge, 32-42.

Price, Clifford og Brimblecombe, Peter 1994. "Preventing Salt Damage in Porous Material", i *Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994*, London: IIC, 90-94.

Prosec, T., Kouril, M., Dubus, M., Taube, M., Hubert, V., Scheffel, B., Degres, Y., Jouannic, M. og Thierry, D. 2013. "Real-time monitoring of indoor air corrosivity in cultural heritage institutions with metallic electrical resistance sensors", i *Studies in Conservation*, vol. 58, number 2, 117-128.

Reid, Z., McGuinne, N. og Fields, J. 2002. "The Yeats Archive: A Method of Identifying Wax Crayon", i *IIC Works of Art on paper, Books, Documents and Photographs, techniques and Conservation*, Contribution to the Baltimore Congress, 176-179.

Rodriguez-Navarro, C.; Doehne, E. og Sebastian, E. 2000. "How does Sodium sulphate Crystallize? Implication for the decay and Testing of Building Materials", i *Cement and Concrete Research* 30, no. 10. Los Angeles: The Getty Institute, 1527-1534.

Rød, J. 1997. "Hestekur", Aulamalerier og Nasjonalgalleriet: Om kunstneren og konservatoren Ole Dørje Haug (1888-1952)", i *Kunst og Kultur*, årgang 80, nr. 1, Oslo, 54-66.

Rösch, H. og Schwarz, H.J. 1993. "Damage to Frescoes caused by Sulphate-Bearing Salts: Where does the Sulphur come from?" i *Studies in Conservation*, volume 38 Number 4, IIC, London, 224-231.

Sandbakken, E.G. og Tveit, E.S. 2012a. "Preserving a master: Edvard Munch & His painted sketches", i *Journal of Urban Culture and Research: Beyond Kyoto- Art, Culture and the Eco-city*, volume 5, Bangkok: Faculty of Fine and Applied Arts Chulalongkorn University, 86-108.

Sandbakken, E.G. og Tveit, E.S. 2012b. "Edvard Munch's monumental sketches (1909-1916) for the Aula of Oslo University, Norway: Conservation issues and treatments", i *IIC Contributions to the Vienna Congress, The Decorative: Conservation and the Applied Arts*. London: Maney Publishing, IIC, 258-268.

Sandbakken, E.G. 2011. "På nært hold; Noen nedbrytningsfenomener i Munchs aulaskisser", i Ydstie, I. (red), *Munchs Laboratorium: Veien til Aulaen*. Utstillingskatalog, Oslo: Munchmuseet, Unipub, 321-332.

Sandbakken, E.G. og Jaap J. Boon 2014. An Analytical survey of painted areas in poor condition in Munch's first monumental sketch for the *Researchers/Alma Mater*. Proceedings from the Munch150 Conference, The Munch Museum and The University of Oslo (publikasjon til fagfelleevaluering).

Schmitt, S. 1999. "The reprint of Professor Max von Pettenkofer's 1870 publication Über Ölfarbe", i *ICOM 12th Triennial Meeting Lyon*, Vol. 1, 188-193.

Schmitt, S. 1990. "Examination of Paintings Treated with Pettenkofer's Process". I *Cleaning, Retouching and Coatings: Technology and Practice for Easel Paintings and Polychrome Sculpture*, Preprints of the Contributions to the Brussels Congress, 3-7 September 1990, 81-83.

Schilling, M.; Carson, D.M.; Kahnjian, H.P. 1999. "Gas chromatographic determination of the fatty acid and glycerol content of lipids. IV. Evaporation of fatty acids and the formation of ghost images by framed oil paintings", i *ICOM Triennial meeting (12th)*, Lyon 29. Aug – 2 sept, Preprints, Vol 1, 242-247.

Seinfeld, J.H. og Pandis, S.N. 2006. *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change* (2. utg.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Shahan, B. 1949. "An Artist's Credo", i *College Art Journal*, Volum 9, No. 1, 43-45.

Shelley, M. 2006. "An Aesthetic Overview of the Pastel Palette: 1500-1900", i Statise, H. og Salvesen, B. (red.), *The Broad Spectrum, Studies in the Materials, Techniques and Conservation of Colour on Paper*, Venezia: Archetype Publications, 2-11.

Shelley, M. 1989. "American Pastels, of the Late Nineteenth & Early Twentieth Centuries: Materials and Technique". I *American Pastels in the Metropolitan Museum of Art*. New York: Harry N. Abrahams, Inc., 33-45.

Sherwood, S.I. 1990. "Clearing the air: The role of environmental chemistry in the decay of objects". I *International symposium on the conservation and restoration of cultural property: cultural property and its environment*, 11-13 oktober 1990, Tokyo National Research Institute of Cultural Properties, 41-51.

Shilling, M. R., Carson, D. M. og Kahnjian, H. P. 1998. Evaporation of Fatty Acids and the Formation of Ghost Images by Framed Oil Paintings, i *Waac Newsletter*, Volume 21, Number 1, September, 1-6.

Siedel, H. 2000. "Effects of salts on wall paintings and redecking in the Augustusburg castle (Saxony)", i 6th international congress on applied mineralogy, Göttingen juli 2000, Balkema/Rotterdam, 1035-1038.

Siedel, H. og Klemm, W. 2000. "Evaluation of the Environmental Influence on Sulphate salt Formation at Monuments in Dresden (Germany) by Sulphur Isotope Measurements", i *Preceedings 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Venezia, Vol. 1, Amsterdam: Elsevier, 401-409.

Silvester, G., Burnstock, A., Megens, L., Learner, T., Chiari, G., van den Berg, K.J. 2014. "A Cause of water-sensitivity in modern oil paint films: The formation of magnesium sulphate", i *Studies in Conservation*, Volume 59, number 1, IIC, Maney Publishing, 24-38.

Singer, B. og Liddie, C. 2005. A Study of Unusual Degradation on a Seascape Painting with the use of Zinc White Pigment, i *The paper conservator*, vol. 29, 5-14.

Singer, B. Aslaksby, T., Topalova-Casadiegos, B. og Tveit, E.S. 2010. "Investigation of materials used by Edvard Munch", i *Studies in Conservation*, IIC, nummer 55, 1-19

Slavin, J. og Todd, V. 1990. "The removal of salt deposits from decorative paintings on paper", i *Dirt and pictures separated: papers given at a conference held jointly by UKIC and the Tate Gallery*, January 1990, 49-50.

Spring, M. Higgitt, C. 2006. "Analyses reconsidered: The importance of the pigment content of paint in the interpretation of the results of examination of binding media", i Nadolny, J. (red.), *Medieval Painting in Northern Europe*, London: Archetype Publications Ltd., 223-229

Stijnman, Ad 2000. "Oil-based printing ink on paper: bleeding, browning, blanching and peroxides", i *Papir Restaurierung: Mitteilungen der IADA*, Vol. 1 (2000), Suppl., 61-68.

Stein, M. 2013. "Edvard Munch and "The Kill-or-Cure Treatment" as a Modernistic Instrument", Foredrag holdt 21.9.2013, konferansen *Edvard Munch and/in Modernism*

Stein, M. 2011. "Edvard Munch's paintings with bird droppings. analysis of the Ekely Collection at the Munch Museum", i *Zeitschrift für kunsttechnologie und konservierung* (ZKK), hefte 1, 93-102.

Storesund, A. og Rønning, F. 2001. Medisinsk historie: Miljørettet helsevern og industriforurensning i 1890-årene, i *Tidsskrift for Den norske legeforening* 121:3, 561-565.

Sturman, S. 1999. "Necessary dialogue: The artist as partner in conservation", i *Modern art: Who cares?* Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art/Netherlands Institute for Cultural Heritage.

Stein, M.; Bakkestuen, V.; Erikstad, L. og Grimstad, I. 2006. "A conservation plan for 1158 paintings by Edvard Munch", i *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* (ZKK), Vol. 20, nr. 2, 353-360.

Stoner, J.H. 2002. "The debate over cleaning paintings: how much is too much?" i *IFAR Journal*, vol. 5, nr. 3, 46-58.

Stoner, J.H. 1997. Whistler's Views on the Restoration and Display of His paintings, i *Studies in Conservation*, Vol. 42, IIC, 107-114.

Stuart, B. 2007. *Analytical Techniques in Materials Conservation*, Chichester: Wiley & Sons, Ltd.

Sturman, S. 1999. "Necessary Dialog: the Artist as a partner in conservation", i Hummelen, I.J. og Sillé, D. (red.), *Modern Art Who Cares?* Amsterdam: The foundation for the Conservation of Modern Art and the Netherlands Institute for Cultural Heritage, 391-400.

Sutherland, K.R. 2001. *Cleaning, controversy and research*, Phd dissertation, Faculty of Science, University of Amsterdam

The Textile Institute 1985. *Identification of Textile Materials*, 7 red., Manchester: The Textile Institute.

Thomson, G. (red.) 1964. "The Murray Pease Report", i *Studies in Conservation*, Vol. 9, No. 3, London: IIC, James and James, 116-121.

Thurmann-Moe, J. 1995, *Edvard Munchs "Hestekur"*. Oslo Kommunes Kunstsamlinger, Munch-Museet, Oslo: Moltzau Trykkerier.

Thurman-Moe, J. 1995. "Munchs hestekur", i *Ordet*, nr. 4, Riksmålsforbundet, 10-15.

Thímár-Balázsy, A. og Eastop, D. (2005). *Chemical principles of textile conservation*, 6 utg. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Tjora, A. 2012. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Gyldendal Norsk Forlag AS, 2. utgave, 1 opplag.

Trinder, N. 1987. "Treatment to water-damaged wax finish", i *Conservation news*, Issue Number 34 1987, 23.

Tanhuanää, Ari 2000. "Blanching on a Large Scale; Changes in a Monumental Painting Entitled H₂SO₄ By Unto Pusa", i *Conservation Without Limits*, IIC Nordic Group XV Congress 23-26. 8.2000, preprints, 171-183.

Townsend, J. 1998. "Analysis of pastel and chalk materials", i *The Paper Conservator, The Journal of the Paper Institution*, Volume 22, 21-28.

Tumosa, C.S. & Mecklenburg, M.F. 2005. "The Influence of Lead Ions on the Drying of Oils", i *Reviews in Conservation*, IIC, Volume 6, 43-51

Tveit, E. 2011. *Edvard Munchs monumentale aulaskisser: Porøs maling, fleksibilitet og opprulling*, Prosjektbasert Masteroppgave i malerikonservering, IAKH, UiO

Van den Berg, J.D.J. 2002. "Analytical chemical studies on traditional linseed oil paints", i Molart report 6, Amsterdam: AMOLF, 1-256.

Van der Weerd, J., Geldof, M., Struik, L., Struik van der Loeff, R.M.A. og Boon, J.J. 2003. "Zinc Soap Aggregate Formation in *Falling Leaves (Les Alyscamps)* by Vincent van Gogh", i ZKK, hefte 2, 407-416.

VanLoon, G.W. og Duffy, S. 2005. *Environmental Chemistry: A Global Perspective*, 2.utgave, New York: Oxford University Press.

Van Loon, A., Noble, P. og Boon, J.J. 2011. "White Hazes and Surface Crusts in Rembrandt's *Homer* and related Paintings, i *ICOM 16th Triennial Meeting*, Lisboa [CD-ROM].

Van Loon, A. og Boon, J. J. 2005. "The Whitening of Oil Paint Films Containing Bone Black", i *ICOM-CC 14th Triennial Meeting*, The Hague, 12-16 September 2005: preprints ICOM, 511-518.

Van Loon, A. 2008. *Color Changes and Chemical Reactivity in Seventeenth-Century Oil Paintings*, Phd tese, Amolf Institute, Amsterdam Universitet.

Villers, C. 1981. "Artists Canvases: A history", i *Journal of the American institute for Conservation (JAIC)*, volume 24, nr. 1, 1-13.

Volent, P. 1994. "When Artist's Intent is Accidental. Artists' Acceptance of and Experimentation with Changes and Transformations in materials", i *Modern Works Modern problems*, Conference papers, the Institute of Paper Conservation, Tate Gallery, 171-176.

Wakelyn, P.J., Bertoniere, N.R., French, A.D., Thibodeux, D.P., Triplett, B.A., Rousselle, M-A., Goynes, W.R., Edwards, J.V., Hunter, L., McAlister, D.D. og Gamble, G.R. red. 2007. *Cotton Fibre Chemistry and Technology*, CRC Press, Tylor & Francis Group.

Waller, F. 1992. "The care and conservation of geological material: mineral, rocks and meteoerites and Lunar finds", i Howie (red.), Oxford: Butterworth og Heinemann.

Walston, S. og Dolanski, J. 1976. Two Painted and Engraved Sandstone Sites in Australia. I: *Studies in Conservation*, 21, 1-17.

Watchman, Alan 1990. "The weathering of Australian Rock Paintings", i *Journées internationales d'étude sur la conservation de l'art rupestre, Dordogne-Périgord*, Frankrike, 20-29.

Watchman, A. 1987. "Preliminary Determinations of the Age and Composition of Mineral Salts on Rock Art Surfaces in the Kakadu National Park", i *Archaeometry: further Australasian Studies*, Canberra: Australian National University Printing Press, 36-42.

Wegen van D.H. 1999. "Between the fetish and the score: The position of the curator of contemporary art, i Hummelen", i J. og Sillé, D. (red.), *Modern Art: Who Cares?*, Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art/Netherlands Institute for Cultural Heritage, 201-209.

Werner, K. 1996. *Werkstoffe und Techniken der Malerei: Überarbeitete Mit Taffelteil*, 4th edition from 1996, Ravensburg: Otto Maier Verlag.

Wheeler, G.S. og Wypyski, M.T. 1993. "An unusual eflorresence on Greek ceramics", i *Studies in conservation*, nummer 38, London: IIC, 55-63.

Wetering van de, E. 2000. *Rembrandt, the Painter at Work*, Los Angeles: University of California Press.

Williams, S. R. 1988. "Blooms, Blushes, Transferred Images and Mouldy Surfaces: What are these Distracting Accretions on Art Works?" i Toronto, Ontario *Proceedings of the 14th Annual IIC-CG Conference*, May 27-30 1988, 65-84.

Woll, G. 1993. *Edvard Munch: Monumentale prosjekter 1909-1930*, Woll, G. og Boym, P. (red.), Lillehammer Bys Malerisamling.

Woll, G. red 2008. *Edvard Munch: komplette malerier*. Catalogue Raisonné, London: Thames & Hudson.

Wrubel, F.T. 2006. "The use and misuse of distemper in the works of Edouard Vuillard: A conservator's view", i Statis, H.K. og Salvesen, B. (red.), *The Broad Spectrum, studies in the materials, techniques and conservation of colours on paper*, London: Archetype Publications, 151-154.

Wyld, Martin, Mills, John og Plesters, Joyce 1980. "Some Observations on Blanching (with Special Reference to the Paintings of Claude)" i *The National Gallery Technical Bulletin*, volume 4, 49-64.

Wyzga, R. og Lipfert, W. (1985). "Forecasting material Damage from air pollution", i *The American Statistician*, vol. 39 no. 4 del II, 423-430.

Ydstie, I. 2011. "Munchs Auladekorasjoner og det nasjonale prosjekt", i *Munchs laboratorium: Veien til Aulaen*, utstillingskatalog, Oslo: Munch-museet, Unibpub, 79-107.

Yong, K. 2012. "History of fabric supports", i Stoner, J.H. og Rushfield, R. (red.), *Conservation of Easel Paintings*, London: Ruthledge, 116-147.

Zöld, K-J. 2002. *What will happen to a Frankenthaler? An investigation into the oil stain effect on un-primed and un-sized cotton canvas*, these, Kingston: Queens Universitet.

URL:

AIC (The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works): Code of Ethics and Guidelines for Practise

<http://www.nps.gov/training/tel/Guides/HPS1022_AIC_Code_of_Ethics.pdf>

[Lesedato 16.2.2014]

Ashley-Smith, J. (1995). Definitions of Damage. *Text of a talk given in the session "When conservator and collection meet" at the Annual Meeting of the Association of Art Historians*, London, April 7-8, 1995, not published.

< <http://cool.conservation-us.org/byauth/ashley-smith/damage.html> >

[Lesedato: 2.5.2014]

Chemistry.com, alkalisk hydrolyse

<<http://chemistry.about.com/library/glossary/bldef825.htm>>

[lesedato 19.2.2014].

Code of Ethics for Museums: American Association of Museums

<http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Codes/code_ethics2013_eng.pdf>

[Lesedato 14.2.2014]

Etherington, D. 1985. Book Conservation and the Code of Ethics, i *The Book and Paper Group, Annual, Vol. 4 1985*, The American institute for Conservation

<<http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v04/bp04-18.html>>

[Lesedato: 4.5.2014]

eMunch.no

<<http://www.emunch.no/>>

[Lesedato: 17.2.2014]

Folkehelseinstituttet, Forurensing i uteluft: Svoveldioksid (SO₂), Miljø og helse- en forskningsbasert kunnskapsbase

<http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=Content_6493&Main_6157=6287:0:25,5497&MainContent_6287=6493:0:25,5529&Content_6493=6441:70224::0:6446:7:::0:0#eHaindbook702240>

[Lesedato: 3.5.2014]

Eu-Artech, brukerrapport

<http://www.eu-artech.org/files/REPORT_MOLAB_5/REPORT_ANGST_2009>.

[Lesedato 25.2.2014]

Guild of Book Workers Newsletter 1996. No. 106, CoOL Dokument, Bloom on leather

<<http://www.guildofbookworkers.org/sites/default/files/newsletter/gbw106/gbw10608.html>>

[Lesedato: 4.5.2014]

Hirox Europe

<<http://www.hirox-europe.com/>>

[Lesedato 7.4.2014]

ICOM Code of museum ethics

http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Codes/norway.pdf

[Lesedato 5.3.2014]

INCCA: International Network for Conservation of Contemporary Art: Guide to good practice: Artists Interviews

<http://www.incca.org/files/pdf/resources/guide_to_good_practice.pdf>

[Lesedato 8.4.2014]

Inneklima, VVS-befuktere, muggsporer

<<http://www.inneklima.com/index.asp?document=161&contects>>

[lesedato 16.3.2014].

IRUG, database, kasein

<<http://www.irug.org/>>

[Lesedato 1.4.2014]

Jaap Enterprice, spesialtilpasset Hirox mikroskopstativ

<<http://86.109.28.10/devices/xy-stands>>

[Lesedato 12.1.2014]

McLean, W. 1996. Leather bloom- causes and remedies, i Skin Deep, Volume 2, autumn, J. Hewit & Sons

<http://www.hewit.com/skin_deep/?volume=2&article=5>

[Lesedato 19.5.2013]

Nevin, V. 2007. Microbial Contamination in Archives and Museums: Health Hazards and Preventive Strategies Using Air Ventilation Systems, i *Contribution to the Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies*, Tenerife

<http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/paper_valentin.pdf>

[Lesedato: 16.3.2014]

Norsted, T. 2008. Maleriene i Fingalshula, Gravvik i Nærøy. Niku rapport 23 (101 sider)

< <http://www.niku.no/filestore/Publikasjoner/NIKURapport23.pdf> >

[Lesedato 23.3.2014]

Richmond, A. 2005. The Ethics Checklist-ten years on, I Conservation Journal, issue 50

<<http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-50/the-ethics-checklist-ten-years-on/>>

[Lesedato: 4.4.2014]

Sozanski, E.J. 1994. The Controversy at Sistine Chapel, Conservators Have Finished Restoring Two of Michelangelo's Frescos. Their Work Is Sure to Rekindle Debate About the Wisdom of the Project. Avisartikkel fra The Inquirer

<http://articles.philly.com/1994-04-24/news/25862007_1_toti-scialoja-sistine-restoration-sistine-frescoes>

[Lesedato 21.2.2014].

The Ethics Checklist, Victoria and Albert Museum Conservation department, 2nd Edition
December 2004 I Conservation Journal, issue 50

< <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-50/appendix-1/> >
[Lesedato: 27.3.2014]

WOLFFITT, Catherine 2000. Soluble Salts in Masonry

<<http://www.westoxcocoon.com/Soluble%20Salts%20in%20Masonry.htm>>
[Lesedato: 31.5.2008]

The Getty Conservation Institute, mekanismer i saltnedbrytning

<http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/salt/salt_publications.html>
[Besøkt nettsted 10.2.2014].

The Whatmans and Wove paper. In Defence of alum- 3. Alum in Paper

<<http://www.wovepaper.co.uk/alumessay3.html>>
[Lesedato 14.4.2014]

Arkivmateriale

Munchs og andre samtidsdagboknotater og korresponderende brev

Reg.nr. MM N 47 Aulabildene og utendørsatelierene (1938)

Reg.nr. MM N 136 Skrubben, freskomaleriet og uteatelieret

Reg.nr. MM N 326 Munch uttaler at han rullet de fleste auladekorasjoene

Reg.nr. MM N 448 Munchs eiendommer, auladekorasjonene og uteatelier

Reg.nr. LR 536 Fra Ludvig Ravensbergs dagbøker, 27.12.1909-3.3.1910

Reg.nr. LR 537 Fra Ludvig Ravensbergs dagbøker 22.4.1909-16.7.1909

Reg.nr. Werenskjold K 1239 Korrespondansebrev, preparering av lerreter 15.8.1910

Eksternt utførte analyserapporter

Boon, J. 2012 SEM-EDX-analyser av 4 malingsprøver fra *Forskerne I*, Jaap Enterprice

Boon, J. 2011 FTIR-analyser av en malingsprøve fra *Forskerne I*, Jaap Enterprice

Boon, J. 2012 GK-MS-analyse av en malingsprøve fra *Forskerne I*, Jaap Enterprice

Columbini, P., Modugno, F. og Zanaboni, M. 2012. Analysis of organic components of paint samples from Munch Museum; Scientific report, Pisa: Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale.

Gorsia, B. 2012 Analysis of paint samples from E.Munch, AAR0264, London: Art Access and research

Zanaboni, M., Modugno, F. og Columbini, P. 2014. Analysis of organic components of paint samples from the sketch M907 from Munch Museum. Preliminary scientific report.

Whist, C.M. 2011, "Munch-museet" – soppanalyse av M691, Oslo: Mycoteam

Personlig kommunikasjon

Baldwin, Ann. Papirkonservator, Metropolitan Museum of Art, USA (e-post)
Bikedal-Nielsen, Renie. Kjemiker (UiO) (samtaler, e-post)
Boon, Jaap. Kjemiker, Jaap Enterprice (samtaler, e-post)
Colburne, Jane. Papirkonservator, Newcastle Universitet, UK (samtale, e-post)
Engan, Inger. Bibliotekar ved Munch-museet (samtaler)
Godzimirska, Magdalena. Papirkonservator, Munch-museet (samtaler)
Grimstad, Inger. Malerikonservator/atelierleder, Munch-museet (samtaler)
Kutzke, Hartmuth. Kjemiker, Historisk Museum, Universitetet i Oslo (samtaler)
Landro, Gry. Papirkonservator, Munch-museet (samtaler)
Miliani, Contanza. Kjemiker, Molab (samtaler)
Myrvold, Sissel. Tekstilkonservator, Nasjonalmuseet for kunst, design og arkitektur (e-post)
Rimer, Bonnie. Malerikonservator, USA (e-post)
Slarke, Duncan. Konservator, Forsvarsmuseet og UiO (samtaler)
Strang, Tom. Kjemiker Phd (conservation scientist), Canadian Conservation Institute (e-post)
Thurmann-Moe, Jan. Pensjonert malerikonservator (intervju, samtaler)
Tveit, Eva. Malerikonservator, Munch-museet (samtaler)
Visur, Melina. Kjemiker, Nerliens (samtaler)
Woll, Gerd. Pensjonert kunsthistoriker, Munch-museet (e-post)
Westermann, Iris. Kunsthistoriker, Moderna Museet, Stockholm (intervju)

Forkortelser

A: Area

F: Fenomen

K: korrespondanse

LR: Ludvig Ravensberg

N: Løse notater og brev skrevet av Munch

OKK: Oslo kommunes kunstsamlinger

P: Paint

RF: relativ luftfuktighet

®: registrert vare- eller firmamerke

TMS: The Museum System (Gallery System)

pH: Pondus hydrogenii, måleenhet for surhetsgrad, oksoniumioner i vann

ppm: parts per million

Pa: Pascal, måleenhet for trykk

PVK: pigmentvolumkonsentrasjon

µm: mikrometer

Vedlegg

Liste over illustrasjoner

Illustrasjoner

Vedlegg 1 Presentasjon av de 15 skissene

Vedlegg 2 Prøveuttaksområder og områder med overflatefenomener

Vedlegg 3 Terminologi: overflatefenomener oversatt til norsk

Vedlegg 4 Analyseresultater: Tabell 1,2 og 3

Vedlegg 5 Mugganalyser

Vedlegg 6 XRF-grafer og tabell 5,6 og 7

Vedlegg 7 Mid-Ftir tabell 8

Vedlegg 8 XRD-grafer

Vedlegg 9 SEM-EDS /EDX-grafer med illustrasjoner

Vedlegg 10 FTIR-spektrografer

Vedlegg 11 To GK-MS- prosedyrer

Vedlegg 12 GK-MS-grafer

Vedlegg 13 Polarisasjonsmikroskop-undersøkelser: krystaller

Vedlegg 14 Fettsyreutfellinger og metallsåper i malerier og og andre gjenstander

Vedlegg 15 Transkribert intervju: Thurmann-Moe

*Vedlegg 16 Litt om Konserveringshistorien til Munch-museet sett i lys av
hestekurproblematikken og generell konserveringsetikk*

Illustrasjonsliste

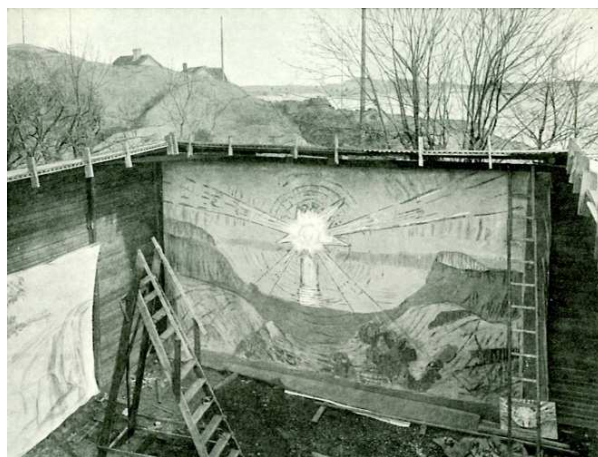
- III. 1. Smedsbukten Kragerø. Flaatten (2009). Original foto: A.B. Wilse 1909
- III. 2. *Solen* i uteatelieret på Skrubben 1911. Foto: A.F. Johansen ca. 1911
- III. 3. Detalj fra *Forskerne I* c. Lerretssømmer
- III. 4. Detalj fra *Forskerne III*. Krystaller som følger lerretsveven
- III. 5. Detalj fra *Geniene: Ibsen, Nietzsche og Sokrates*. En del misfarget lerret og en lysere del
- III. 6. Detalj fra *Mennesker i solen I*. Lysere gule strøk med store mengder krystaller
- III. 7. Detalj fra *Mennesker i solen I*. Emerald grønn farge med store mengder krystaller, *halo*-effekt rundt fargestrøket
- III. 8. Detalj fra *Nakne figurer II*. Rødt oljemalingstrøk med lite krystaller
- III. 9. Detalj fra *Mennesker i solen I*. Rødt oljemalingsstrøk, med *halo*-effekt
- III. 10. Detalj fra *Mennesker i solen I*. Samme malingsstrøk som III 9 i UV-lys
- III. 11. Detalj fra *Forskerne Ia*, eksempel på ulike maleteknikker, tynne mediumrike lag
- III. 12a og b. Detaljer fra *Forskerne Ia*. Blå/hvitt fargelag og grønt fragmentert fargelag
- III. 13. Detalj fra *Forskerne Ia* Limlag oppå og over maling
- III. 14. Detalj fra *Nakne figurer II*
- III. 15. Fra vinteratelieret på Ekely, gjort om til konserveringsatelier etter Munch død
- III. 16. SEM-EDS avbildning av P15 fra *Forskerne Ia*. Bomullsfiber
- III. 17. Mikroskopfoto. Bomullsfibre fra *Oldinger i sollys*
- III. 18. Mikroskopfoto. Bomullfiber fra *Forskerne III*
- III. 19. SEM-EDX avbildning. Fibertykkelse
- III. 20. Hirox mikroskopfoto, detalj fra *Nakne figurer II*. Hvite krystaller i lerretsveven. Foto: Emilien Leonhardt, Hirox Europe
- III. 21. Detalj fra *Mennesker i solen I*. Lerretsområde med hvite krystaller. Foto: Sidsel de Yong
- III. 22. Samme detalj som ill 21, i UV-lys. Foto Sidsel de Yong
- III. 23. Oljepastell testet på nytt bomulllerret
- III. 24. Oljepastell: Olje/fett som har trukket gjennom lerret, sett fra baksiden
- III. 25. Tørr pastell testet på nytt bomulllerret
- III. 26. Detalj fra tørr pastell
- III. 27. SEM-EDX avbildning av P16, fremside. Mer porøs enn bakside i ill. 20. Foto: Jaap Boon
- III. 28. SEM-EDX avbildning av P16 bakside. Mindre porøs enn fremside i ill. 27. Foto: Jaap Boon
- III. 29. Mikroskopfoto av tverrsnitt P16a. UV-lys. Foto: Jaap Boon
- III. 30. Hirox mikroskopfoto fra uttaksområde fra P17. Foto: Emilien Leonhardt
- III. 31. Detalj fra *Forskerne Ia*. Fra uttaksområdet til P18
- III. 32. Mikroskopfoto av P18. Transparent mellomlag synlig. Foto: Jaap Boon
- III. 33. Mikroskopfoto av P18 i UV-lys. Foto: Jaap Boon
- III. 34. Mikroskopfoto av P18 i UV-lys. Foto: Jaap Boon.
- III. 35. Detalj fra P18: overflatefenomener sett i tverrsnitt. Foto: Jaap Boon
- III. 36. Mikroskopfoto av P26. Tre røde pigmenter og et blått
- III. 37. Mikroskopfoto av P26. I UV-lys
- III. 38. Muggforekomster i lerret
- III. 39. Grønt fragmentert malingslag fra *Forskerne Ic*
- III. 40. Tørrt, mediumfattig lag fra *Forskerne Ia*
- III. 41. Krakelerte malingslag i *Nakne figurer II*, gjennomlysning

- III. 42. Filamentøse bakterier inni malingslag, P16a. Foto: Jaap Boon
- III. 43a. Krystaller på malingslag, fra *Nakne figurer II*. Foto: Emilien Leonhardt
- III. 43b. Krystaller på blått malingslag. Foto: Emilien Leonhardt
- III. 44. De hvite overflatefenomenene i sammenhengende lag, *Forskerne I*
- III. 45. Krystaller sett i mikroskop
- III. 46. Rekrystalliserte krystaller
- III. 47. Krystaller, SEM-EDS backscatter avbildning. Foto: Hans J. Berg
- III. 48. *Forskerne I*, i uteatelieret på Skrubben, A.F. Johansen 1911
- III. 49. Munch i et av rommene på Skrubben. Foto: A.F. Johansen 1910

Illustrasjoner



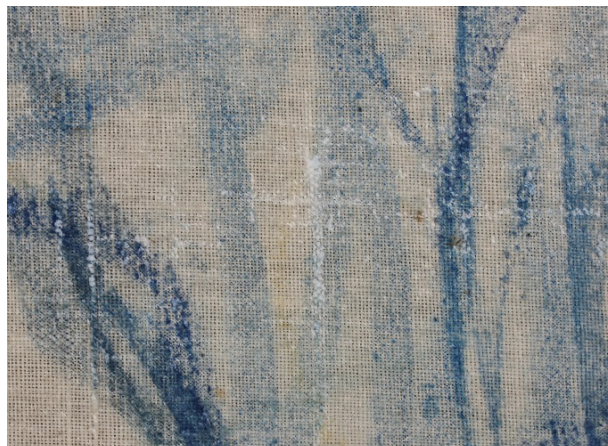
III. 1 Smedsbukten i Kragerø. Skrubben ses mellom furutrærne som to hus (bygget sammen) nede ved sjøen. Foto: A.Wilse 1909 (kopi fra Flaatten 2009).



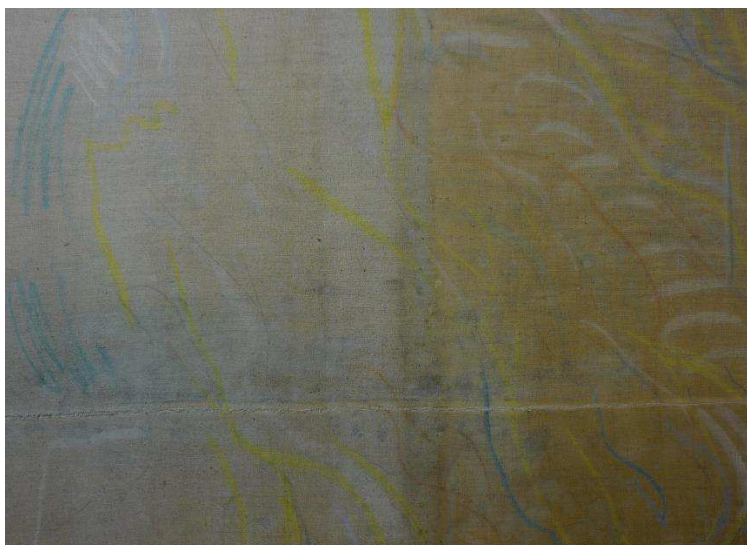
III. 2 *Solen* i Munchs uteatelier på Skrubben. Foto: A.F. Johansen ca. 1911.



III. 3 Detalj fra *Forskerne Ic*. Horisontale og vertikale lerretssømmer



III. 4 Detalj av bomullslerret fra *Forskerne II*. Med hvite overflatefenomener som følger trådene i duken



III. 5 Bomullslerret fra annen skisse fra 1909, Woll M 859. Den lysere delen av lerret er den øvre kanten på skissen, noe har antageligvis beskyttet denne delen slik at fargen ikke har gulnet, slik nedre del av lerretet har gjort



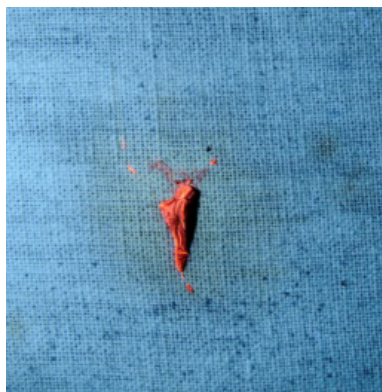
III. 6 Det var stedvis tendenser til mer hvite krystaller i den lysere gule fargen enn den mørkere gule (begge var kromgul) i flere skisser. Det var likevel stedvis krystaller i den mørkere gule, men ikke i like store mengder.



III. 7 Det var tendenser til store mengder hvite krystaller i en grønn farge som ble analysert som Emerald grønn i *Mennesker i solen I*. Voks og/eller olje har flytt ut i duken og synes som mørkere farget lerret ut fra kantene til fargestreken.



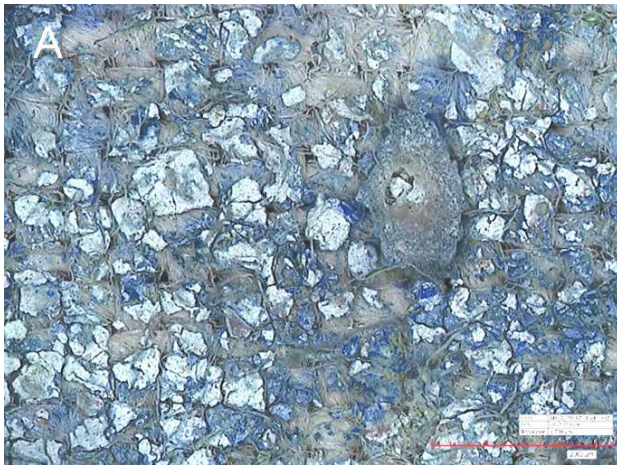
III. 8 Rødt malingslag fra *Nakne figurer II*. Det ble analysert som en oljemaling og hadde lite overflatekrystaller i forhold til malingsstrøk i områdene rundt (Denne skissen hadde lite krystaller i de umalte lerrets-områdene).



III 9 og 10 Mulig oljemaling i *Mennesker i solen I*. III. 10 UV-lys



Ill 11. Tynne malingslag fra *Forskerne Ia*.
Fra dette området ble P36 tatt ut

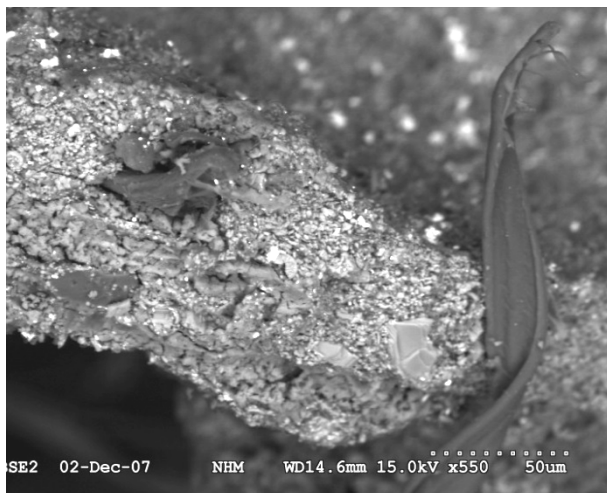


Ill 12. a og b. Mikroskopfotografier, Hirox 10 X. A:
Blå/hvitt området i *Forskerne Ia*. B: grønt malingslag
fra *Forskerne Ib*. Foto: Emilien Leonhardt. Collage:
Jaap Boon

Ill 13 og 14 Øverst: fra *Forskerne I*. nederst: fra *Nakne
figurer II*. Foto nederste: Emilien Leonhardt



III. 15 Fra vinteratelieret til Munch på Ekely. Etter hans død ble dette gjort om til et midlertidig konserveringsatelier til Munch-museet åpnet i 1963.



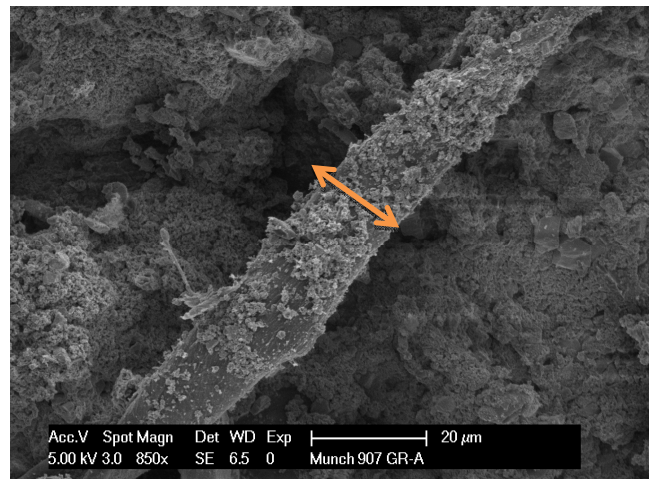
III. 16 Bomullsfiber fra *Forskerne I* sett i SEM. Foto: Hans Jørgen Berg (Geologisk Museum)



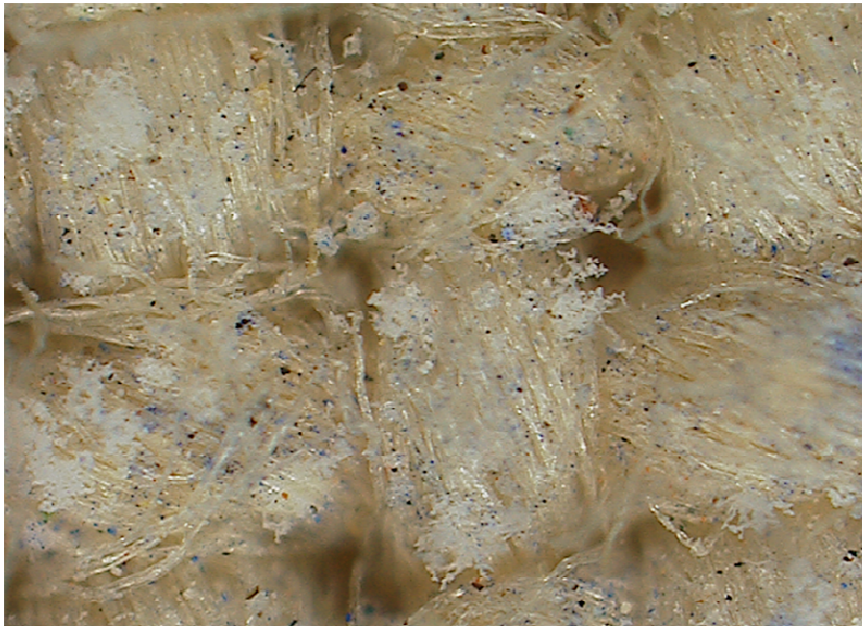
III. 17 Fiberprøve fra *Oldinger i sollys*. Bomullsfiber (200 X).



III. 18 Fiberprøve fra *Forskerne III*. Bomullsfibre (200 X).



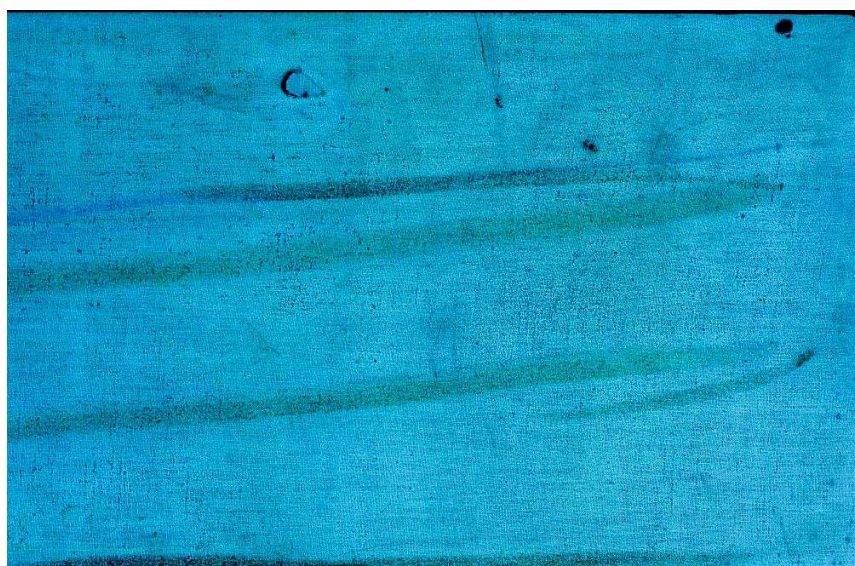
III. 19 Fiber fra *Forskerne I* målt til 18 mikrometer tykt. SEM foto: Jaap Boon (Jaap Enterprise)



III. 20 Detalj fra *Nakne figurer II* med hvite krystaller oppå og i mellom trådene. Foto: Hirox Europe, Emilien Leonhardt



III. 21 Detalj fra *Mennesker i solen I*. Hvite krystaller som delvis følger lerretstråder. Foto: Sidsel de Jong



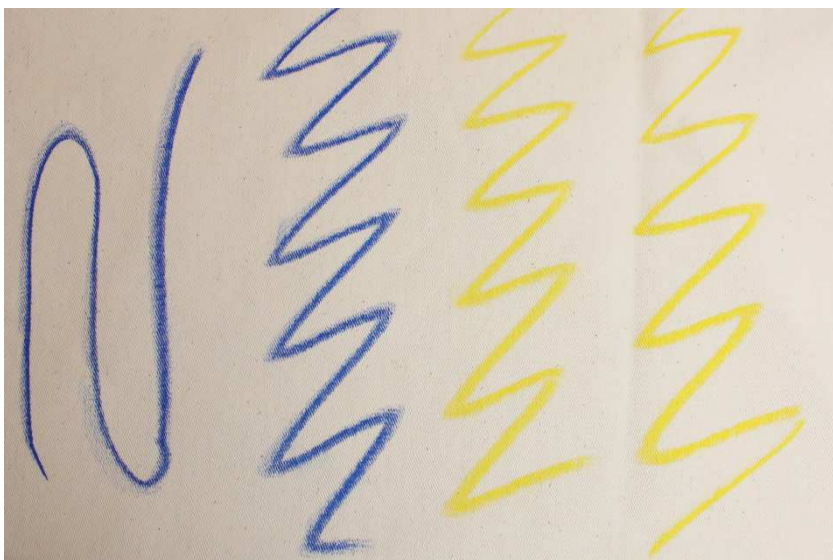
III. 22 Fra samme område som ill. 17, men i UV-lys. Krystallene blir stedvis mørkere i UV-lys, men det blir også rustflekker og skitt. Foto: Sidsel de Jong.



Ill. 23 Empirisk test; oljepastell på ubehandlet nytt bomullslerret



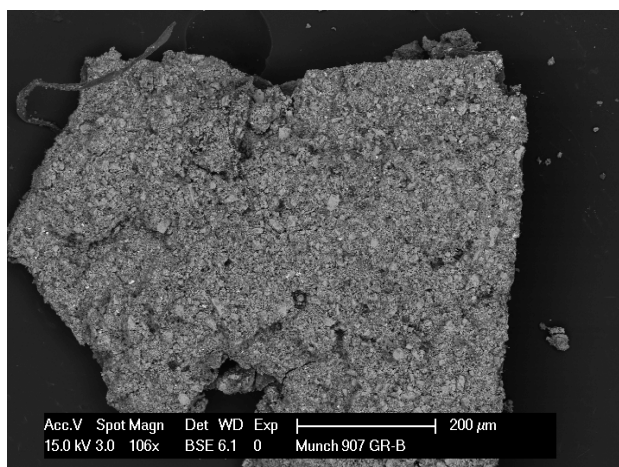
Ill. 24. Baksiden av lerret som ble påført oljepasteller, mediet har trukket inn i lerretsduken



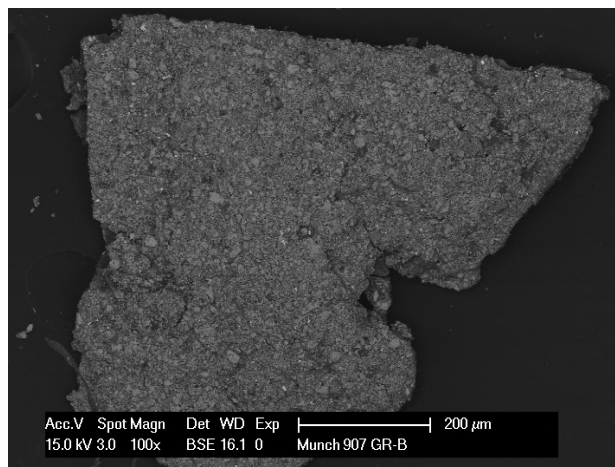
Ill. 25 Tørre pastellfarger testet på samme bomullslerret som i ill. 23



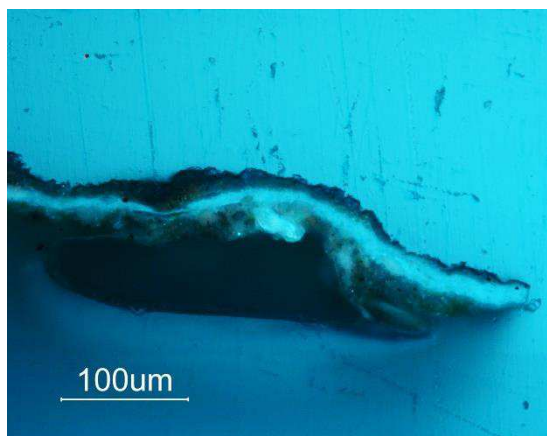
Ill. 26 Detalj fra ill. 25



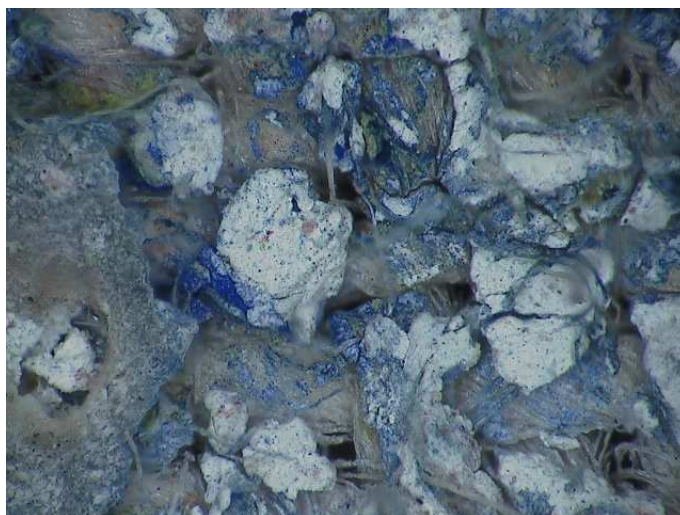
Ill. 27 Overflate av grønt malingsflak (P16) fra *Forskerne I*. Fremsiden er mer porøs enn baksiden i ill 28. SEM-foto: Jaap Boon



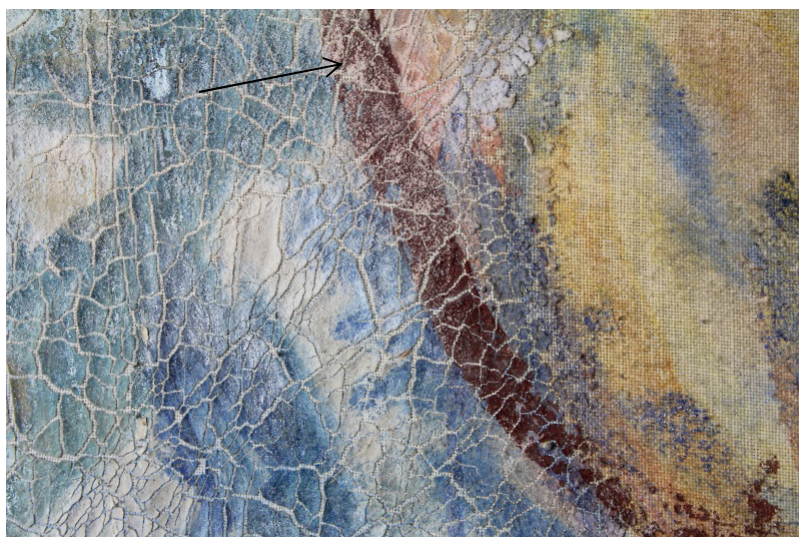
Ill. 28 Baksiden av P16, mindre porøs enn fremsiden i ill.27. Foto: Jaap Boon



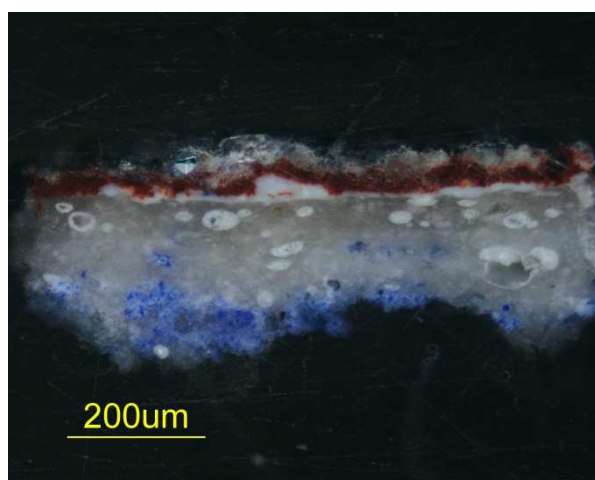
III. 29. Tverrsnitt P 16, fotografert i UV-lys. Tverrsnitte ble tatt ut fra området i ill. 13b. Foto: Jaap Boon



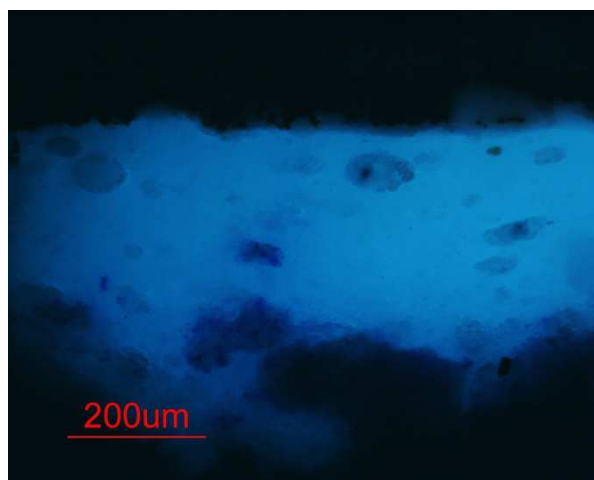
III. 30 Område med lite pigmenter og store mengder medium? Fra område hvor P17 ble tatt ut. Foto: Emilien Leonhardt.



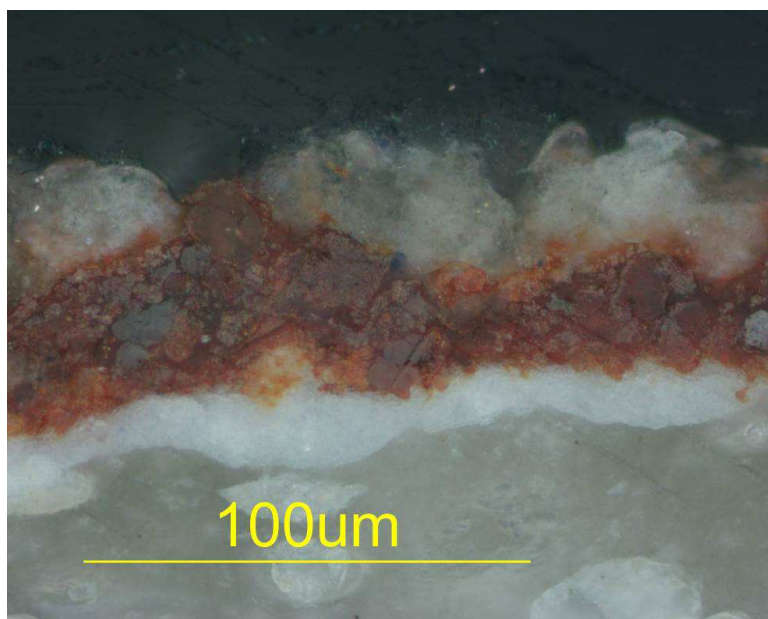
III. 31 Detalj fra *Forskerne I*. Den sorte pilen indikerer hvor tverrsnittet P 18 ble tatt ut (ill. 23).



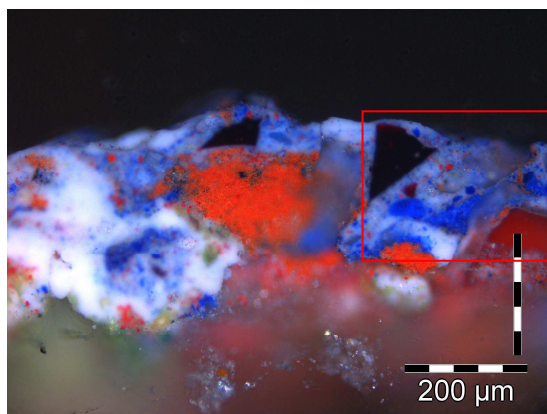
III. 32. Tverrsnitt, brunt fargelag, P18. Det pigmenterte, semi-transparente laget synes mellom et blått og ett hvitt lag. Foto: Jaap Boon



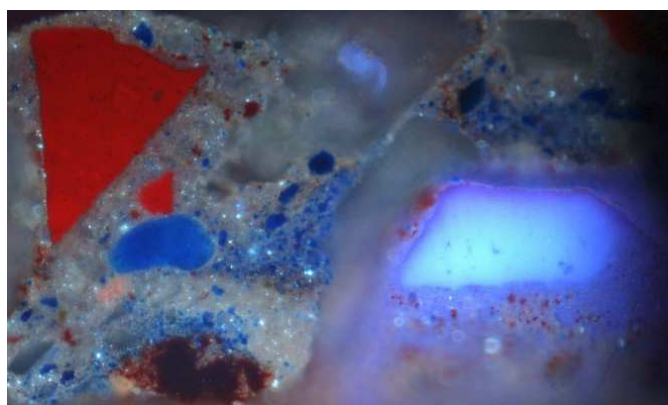
III. 33 Detalj fra P18 fotografert i UV-lys. Overflatefenomenene viser ingen fluorescence. Foto: Jaap Boon



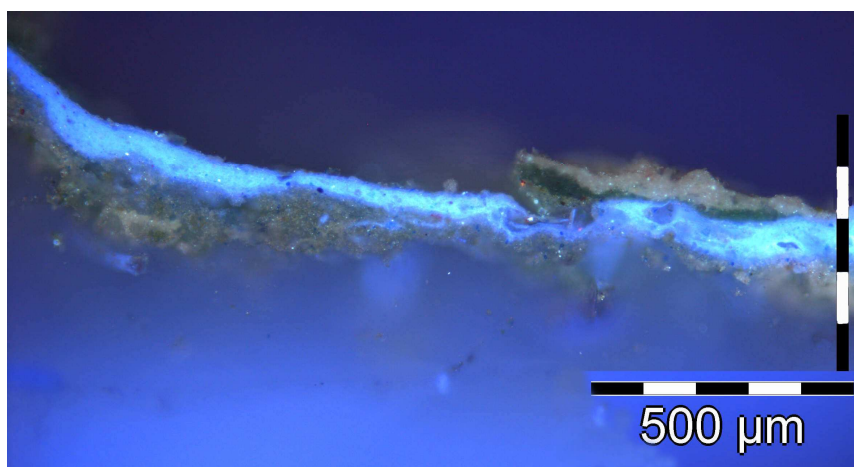
III 34 Detalj av tverrsnitt P18 med overflatekrystaller. Foto: Jaap Boon



III 35 Tverrsnitt fra lilla fargelag, P26. *Fra Forskerne Ia*. Fotografert i mikroskop



III 36 Detalj av tverrsnitt fra lilla fargelag, P26. *Fra Forskerne Ia*. Fotografert i mikroskop 400X



III. 37. Tverrsnitt, grønt fargelag, P 28, fra *Forskerne I*. Fotografert i mikroskop i UV-lys. Det fluoresiserende mellomlaget ble antydnet som proteinbasert.



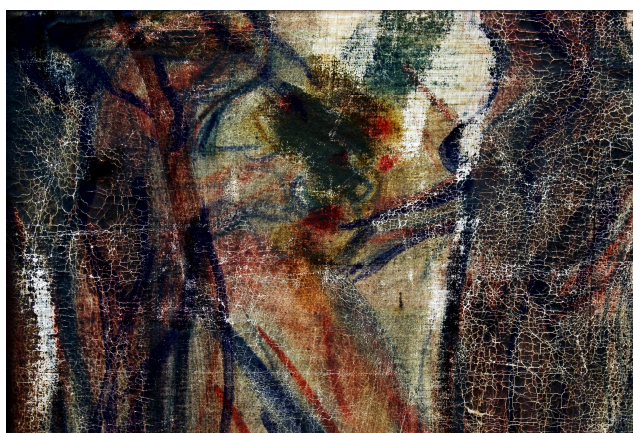
III. 38 Muggforekomster i lerret, Geografi



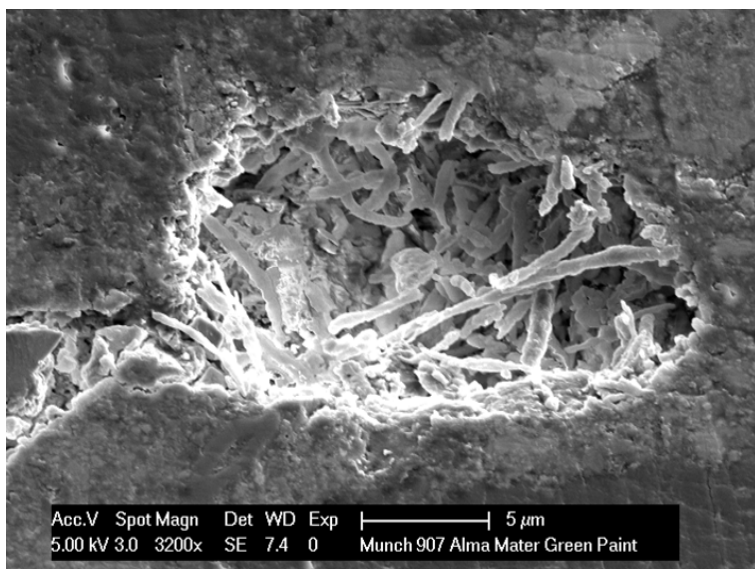
III. 39 Fragmenterte malinglag m. krystaller, *Forskerne I*



III. 40 Tørr mediumfattig maling, med hvite krystaller, *Forskerne I*



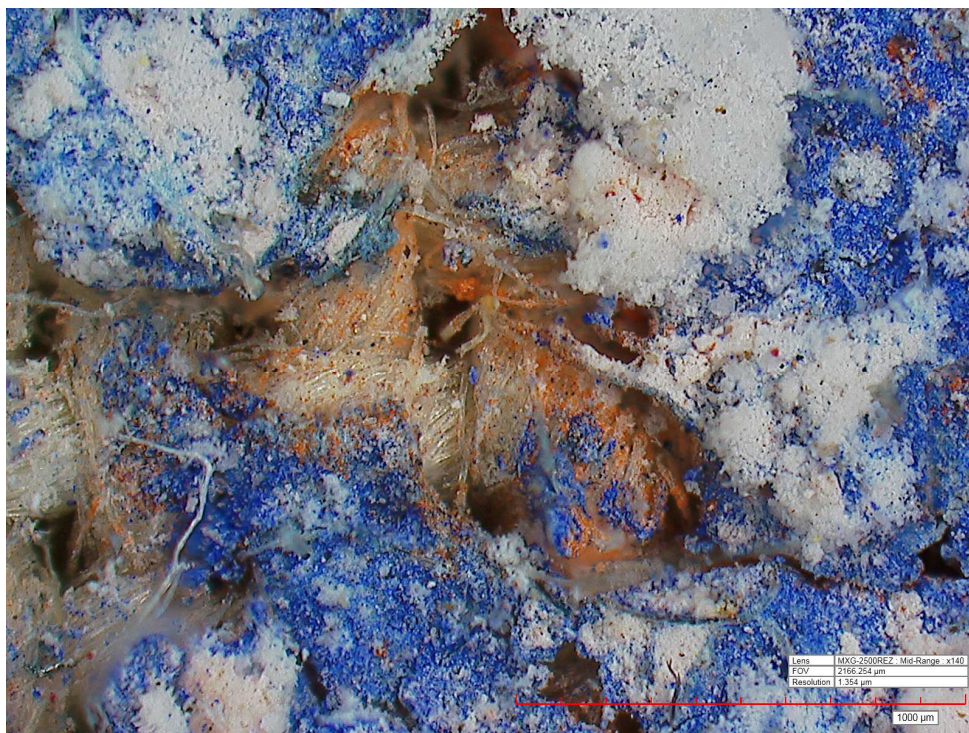
III. 41 Krakelerete fargelag i *Nakne figurer II*. Gjennomlysning



III. 42 Filamentøse bakterier inni malingslaget, P16. SEM-EDX backscatter foto: Jaap Boon



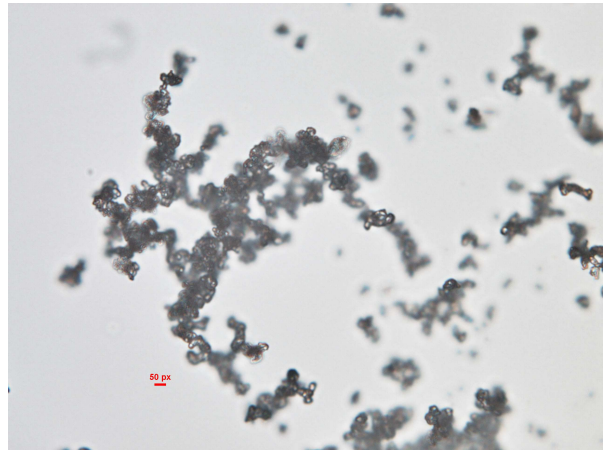
Ill. 43a Hvite krystaller i overflaten på *Nakne figurer II*. Foto: Emilen Leonhardt (Hirox mikroskop)



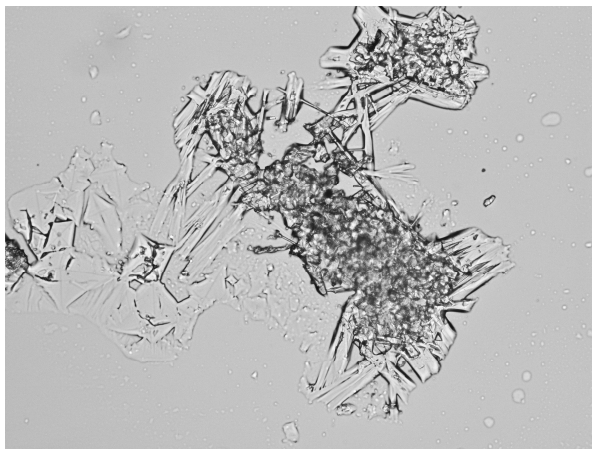
Ill. 43b Krystaller i malingslag på *Nakne figurer II*, samme område som ill. 43a.
Foto: Emilen Leonhardt (Hirox mikroskop)



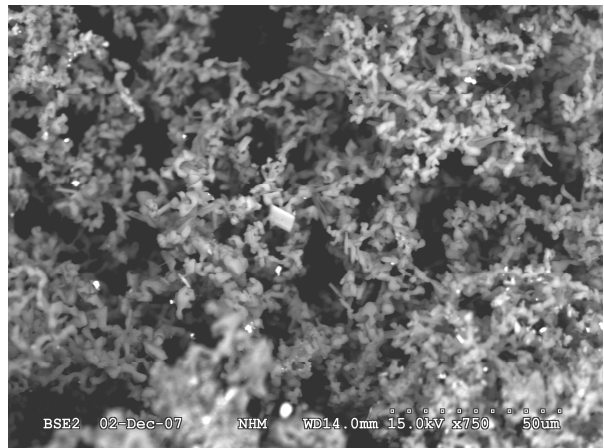
III. 44 Hvite overlatefenomener som et sammenhengende lag, i *Forskerne Ia*



III. 45 Prøve av overflatekrystaller fra *Mennesker i solen I*



III. 46 Rekrystallisering etter å ha ligget i etanol noen minutter. Fra *Mennesker i solen I*



III. 47 Krystaller fra *Nakne figurer II*. SEM-EDS backscatter avbildning: Hans J. Berg



III 48 *Forskerne Ia,b,c* i uteteliet på Skrubben 1911. Den røde firkanten viser hva som er igjen av skissen i dag. Foto A.F. Johansen



III. 49 Munch i et av rommene i huset på Skrubben. Foto: A.F. Johansen 1909/10



III. 50 Den hvite pilen viser hvor *Mennesker i solen I* henger på veggen i et av Munchs atelierer på Ekely i ca. 1944.

Vedlegg 1 Kort presentasjon av de 15 skissene

15 Aulaskisser 1909-1910.

Mellom 1948-1966 ble alle de 15 skissene spent opp på sekundære blindrammer. I tillegg ble fem av dem dublert. Alle er malt på fint vevde ugrunderte bomullslerreter. All informasjon angående teknikk og materialer er hentet fra Munch-museets database (TMS). I hovedteksten er noen titler forkortet for leselighetens skyld eller gitt et romertall for å skille de som har lik tittel (disse er oppgitt i parentes nedenunder).

Sittende naken mann 1910, 135 x 91 cm

Woll M 931

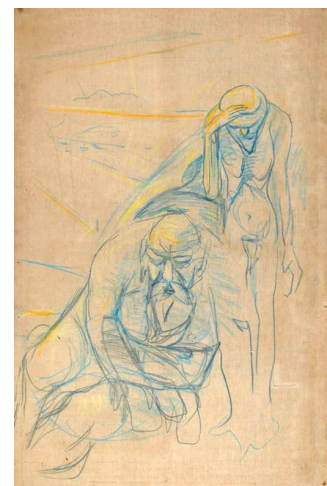
Teknikk: Fargestift og olje



Geografi, 1910, 141 x 72 cm

Woll M 867

Teknikk: Tempera(?) og kull



Oldinger i sollys, 1909-10, 203 x 133 cm

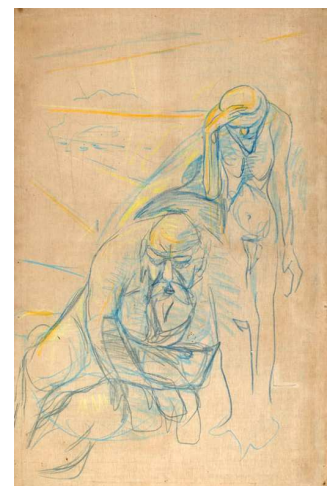
Woll M 915

Teknikk: Fargestifter og kull

Historien, studie av den gamle mannen,
1910, 95 x 57 cm, Woll M 922 (*Historien II*)

Teknikk: Olje og kull

Behandling: Dublert i 1961 (Henkellim A22 ED)



Forskerne, 1910, 132 x 383cm,

Woll M 951. (*Forskerne II*).

Teknikk: Fargestift og olje



Historien I, studie av den gamle mannen, 1910, 219,5 x 167,5 cm, Woll M 923 (Historien I)
Teknikk: Fargestift



**Forskerne, 1910, 113 x 253,5 cm
Woll M 950 (Forskerne III)**
Teknikk: Fargestift



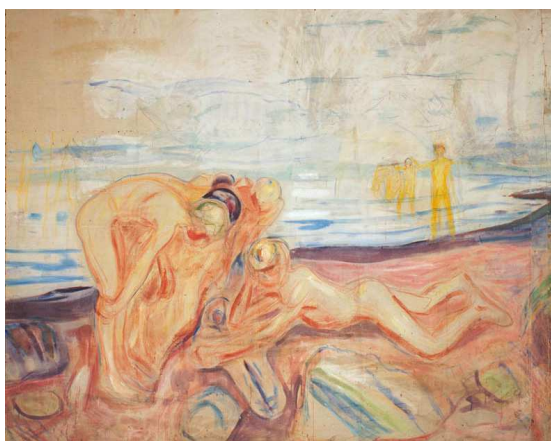
Forskerne, 1910, 270 x 242 cm, Woll M 961
(Forskerne I a, b og c).
Teknikk: Olje eller tempera
Behandling: Dublert i 1965 (1 del arabinklister, 1 del rugmel, 1 del Henkellim A22 ED).



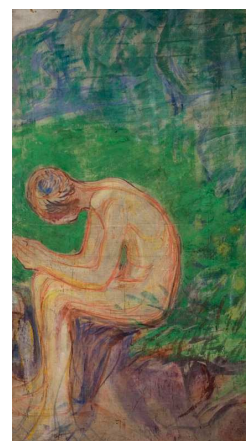
a

Woll M 962, 270 x 340 cm

Woll M 963, 270 x 146 cm



b



c

**Mennesker i solen, 1910, 134 x 232 cm,
Woll M 929 (Mennesker i solen I)**
Teknikk: Fargestift



**Kjemi, 1909, 141 x 71 cm,
Woll M 870.**
Teknikk: Tempera og sort stift



**Historien: Studie av den gamle
mannen, 1910, 135 x 99,4 cm,
Woll M 921 (Historien III)**
Teknikk: Tempera og kull
Behandling: Dublert 1961
(dubleringslerretet: Henkellim A22
ED, sinkhvitt og fargepigment.
Originalerret: Henkellim A22 ED og
rugmelsklister).



**Nakne figurer, 1910, 58 x 138 cm,
Woll M 932 (Nakne figurer I).**
Teknikk: Tempera og fargestift
Behandling: Dublert i 1961 (Henkellim
A22 ED).



**Nakne figurer, 1924-29, 62 x 138 cm,
Woll M 1828 App. (Nakne figurer II)**
Teknikk: Tempera og fargestift (mulig
kasein)



Mennesker i solen, 1910, 196 x 222, **Woll M 928**
(*Mennesker i solen II*)
Teknikk: Fargestift



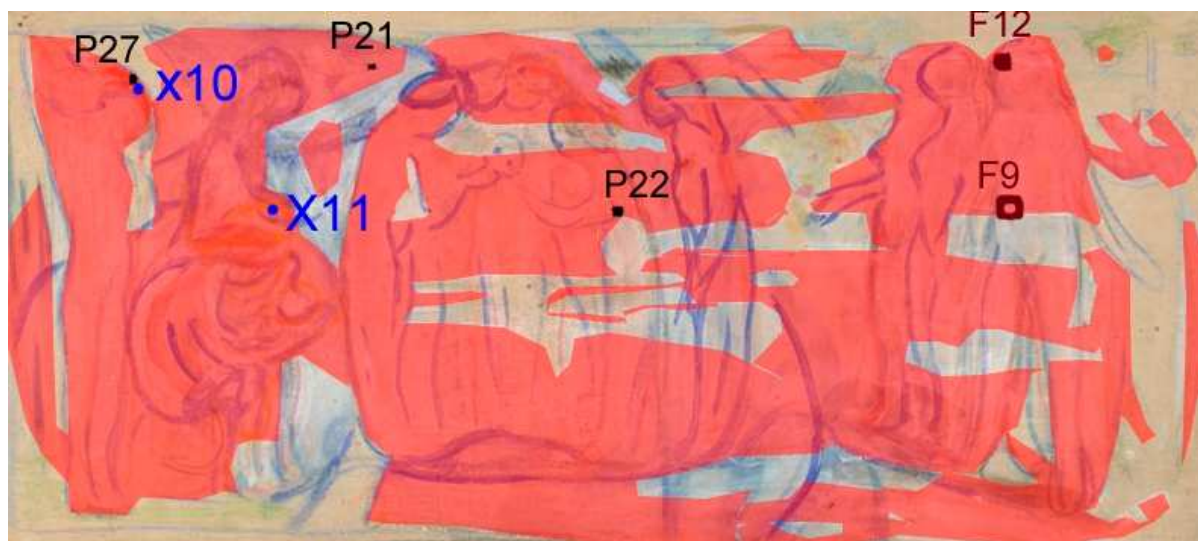
Astronomi, 1909, 141 x 77 cm, **Woll M 866**
Teknikk: Tempera og kull
Behandling: Dublert i 1963 (rugmelsklister, kaseinlim og sinkhvitt).



Vedlegg 2 Prøveuttaksområder og markerte områder med overflatekrystaller

De rød/orange malingene viser omfanget av områder med hvite overflatekrystaller. De viser ikke mengden krystaller som finnes innenfor de ulike områdene, ei heller om krystallene er store eller små.

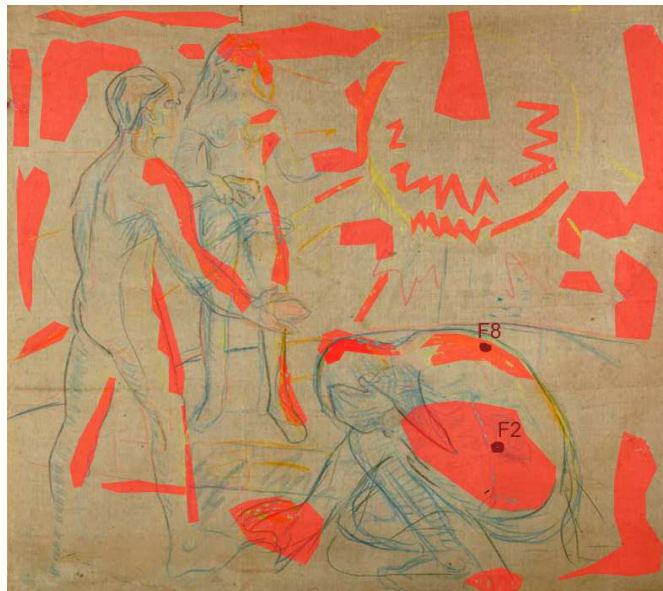
P=Uttak av malingsprøver, F= Uttak av overflatekrystaller, X= XRF-målinger A= Fargeprøver tatt ut våtkjemisk.



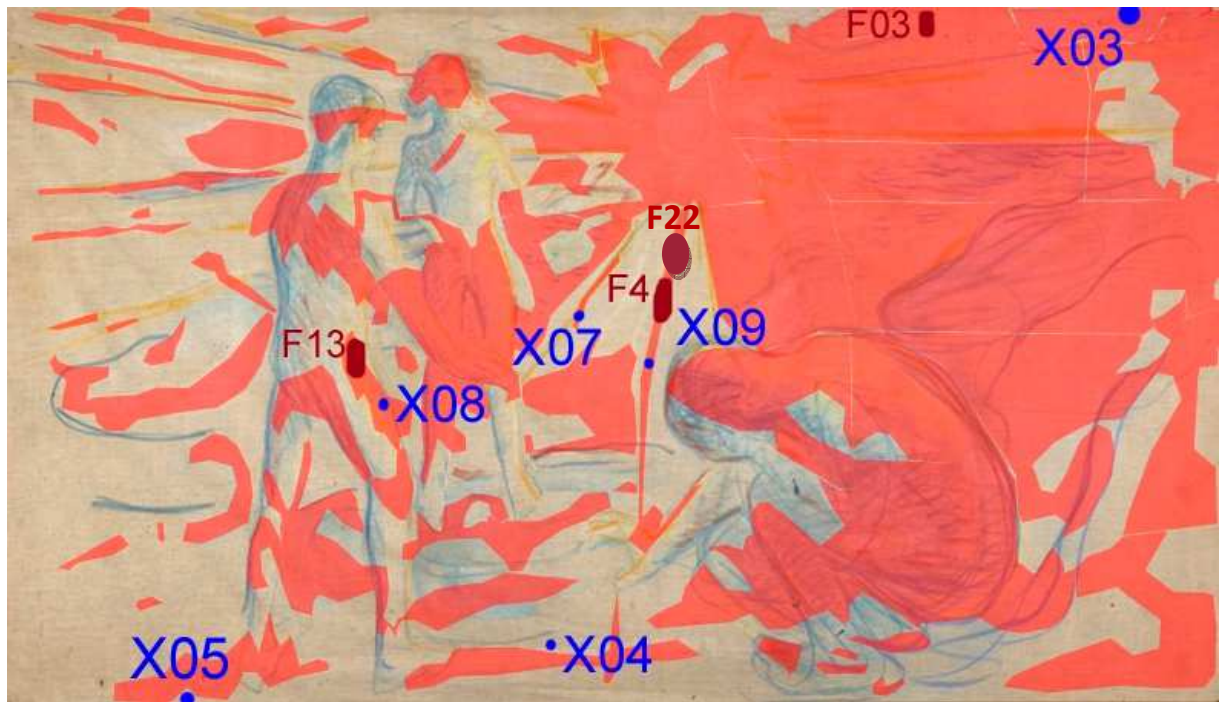
Nakne figurer II



Oldinger i sollys



Mennesker i solen II



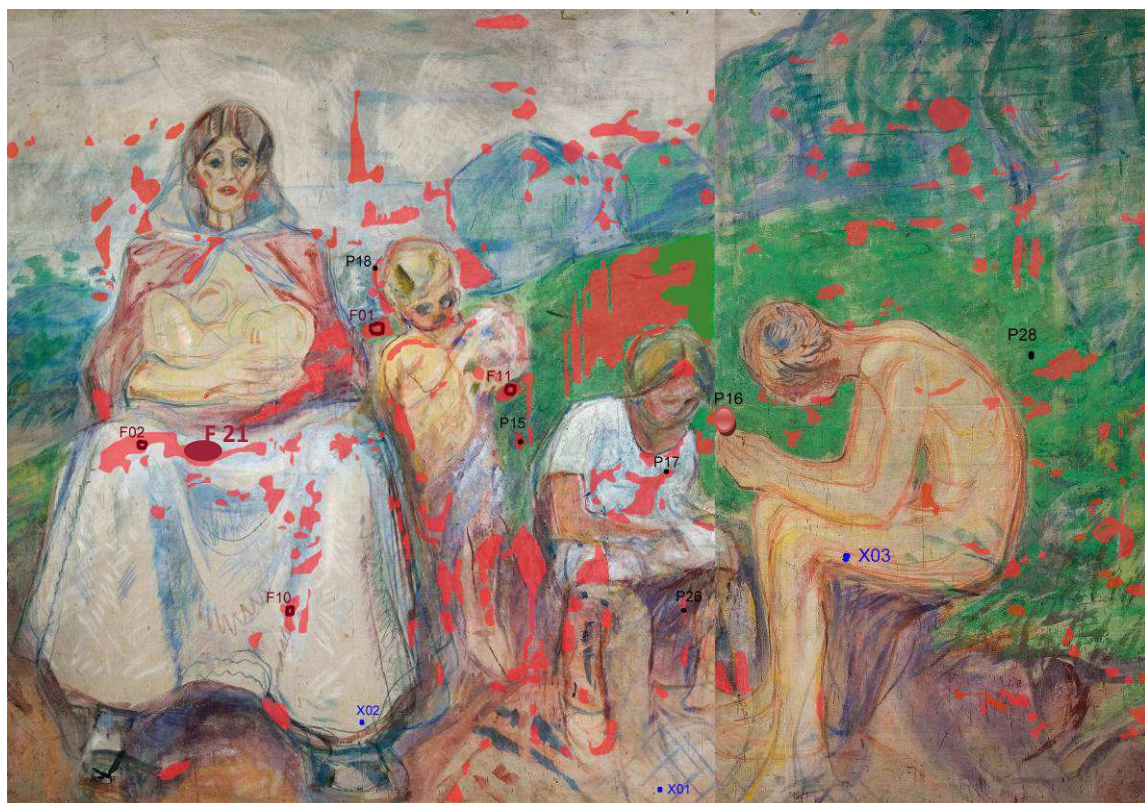
Mennersker i solen I



Geografi



Astronomi



Forskerne la og c

Områdedokumentasjon for Molabs XRF-målinger er opplyst i vedlegg 6, s. 153 og 155

Vedlegg 3 Terminologi: noen oversettelser

Noen eksempler på ulike engelske termer brukt for ulike og like hvite overflatefenomener. Sitert fra norske oversettelser av engelske termer, fra Jan E. Prestesæter (2002) og Arnstein Reiersen (1996). Engelsk-norske tekniske ordbøker.

Reiersen, A. (1996)

Bloom (s): stålblokke, luppe, emne, utblomstring, saltutslag, slør, glans

Blooming (s): svelling, punktfortegning, blomstring, hvitning

Blanch (v): fortinne, bleke

Crazing (s): krakelering

Craze (v): slå, sprekke, krakelere

Excude (v): ekskudre, utsvette, utsondre, sende ut

Excudation (s): ekskudasjon (utsvetting, utskilling av væske)

Efflorescence (s): (salt) utslag, utblomstring

Effloresce (v): forvitre, utblomstre, slå seg, danne skorpe

Haze (s): dis, uklarhet

Syneris (s): synerese (gradvis kontraksjon av en gel)

Prestesæter, J.E. (2002)

Accretion (s): tilvekst, økning: tilvekst

Bloom (v): grovvalse, bli større (oscillioskop); blomstre ut, svette ut (plast)

Bloom (s): utblomstring (pla/gum); valseblokke, luppe, emne, slør, slørdannelse (maling)

Blooming (s): utblomstring (gummi), utsvetting (pla/gum),

Blooming, sulphur: utsvovling

Blanch (v): fortinne (tynt lag); blanchere (mat)

Craze (v): krakelere

Crazing (s): crazing, rissdannelse (pla/gum); krakelering, sprekkdannelse (vei)

Excude (v): svette (ut), skille ut væske

Excudation (s): svetting (smøremiddel); væskeutskilling (bygg)

Efflorescence (s): utblødning, utkrystalisering (kjemi)(min)

Effloresce (v): blø ut, utkrystallisere (kjemi) (min)

Haze (s): sløring (foto), slør, dis

Synerisis (s): synerese (pla/gum)

Vedlegg 4 Analyseresultater: Tabell 1, 2, og 3

Tabell 1 Analyser av originale materialer: pigmenter og bindemidler

A= area, P= paint, PM= punktmåling, GM= Geologisk Museum, AA&R =Art Access and Research, hem = hematitt, um. = ultramarin, prb = prøyssiskblå, org.= organisk, kadG. =kadmiumgul, bar= barytt, sib= sinober, sink-kalkro = sink-kaliumkromat, jord= jordfarger cr.g.= kromgul

Skisse + prøver	XRF	Mid-FTIR	SEM (EDS/EDX)	FTIR	GK-MS	DTMS
Forskerne I (a, b) Grønn P15 GM Grønn P16a,b Boon Blåhvit P17 Boon Brun P18 Boon Lilla P26 Grønn P28 Beige P36			P15: Krom, Mg, P16a: Sink-kalkro. bar, sib. P17: um, sink, ZnMgS P18: um, sink, sib, jord, P26: um, org. rød P:28: krom	P16a: Proteiner, kasein?	P36: dyrelim, noe linolje	P16b: Proteiner, kasein?
Nakne figurer II Lysblå P21 AA&R Lysrosa P22 AA&R Rødt P27 Scibec				P21 og P22: Protein, kritt og barium-sulfat	P27: Sikkativ olje, linolje?	
Mennesker i solen I 22 XRF PM Molab 14 Mid-Ftir PM Molab	Um, prb, sib., emerald grønn, kromgul, blyhvitt, sink i alle målinger	2 gule og 1hvitt lag: Kaolin og karbonater, 1hvitt lag: lipider? Karbonat og sulfat i mange PM, pr.blå				
Astronomi 20 XRF PM Molab	Zn,Fe,S,Cl,K,Ca Cr.g.prb,um,					
Oldinger i sollys Gul: A1 og A2 Scibec	UltraM., pr.blå, sib.				A1 og A2: Lanolin + veg.olje	

Geografi Hvit P23 AA&R				P23: Proteiner, bariumsulfat, gips		
----------------------------------	--	--	--	---------------------------------------	--	--

Tabell 2 Analyser av overflatefenomen på/fra eksponerte lerretsområder

Skisse +prøve	UV-lys	Mid-Ftir	XRF	XRD	SEM (EDS/EDX)
Geografi F3 UiO	Ingen			F3:ZnS, kalsitt	
Astronomi F5 UiO				F5:ZnS, Dolomitt?	
Mennesker i solen I 8 XRF PM Molab 4 Mid-FTIR PM Molab	Ingen	Karbonat, S	Zn,S,K,Ca		
Forskerne I(a, b) 3 XRF PM			Zn,S,K,Ca		
Mennesker i solen II 4 XRF PM			Zn, S, Ca, K, Cr, Cl		

Tabell 3 Analyser av overflatefenomen på/fra fargelag

PLM= polarisasjonsmikroskop, PM= punktmåling, Ws= white sprit, F= fenomen, ZnS=siksulfat,

Skisse + prøver	Løselighet	UV-lys	PLM	XRF	XRD	SEM (EDX/EDS)
Forskerne I a, b Lysblå F02 Grønn F01 UiO Lysblå F10 GM Grønn/lilla F11 GM Grønn P15 GM Grønn P16a Boon Blåhvit P17 Boon Brun P18 Boon	Vann= +; Ws= -	Ingen fluorescence Ingen	Krystallform F01: bakterioid, ingen fluorescens		F01: ZnS, sinkitt	F10:S,Mg,Zn,Al,Ca,K F11:Zn,S,Mg,Si,Al,K P15: S,Mg,Ca,Si,K P16a: C,Zn, O P17: Zn,Ca,Mg,S,Cl,Pb P18: C, O, Al, Si, Ca
Nakne Figurer II Lysblå F9 UiO (fett) (Lysblå F12 GM)		Ingen			F9:Zn,MgS	F12: Mg,S,Pb,Ca,K
Mennesker i solen I Lys gul F03 9 XRF PM Grønn F4 UiO Lysgul F13 HKM	Vann= +, Ws= -	Ingen		Zn, K, Ca, S F13:MgS	F4:ZnMgS	
Astronomi Gul F6 UiO		Ingen			F6:ZnS, dolomitt?	
Forskerne II Rød F7 UiO		Ingen			F7:ZnS, Mg, kalsitt	
Mennesker i solen II Blå F2 UiO Lysgul F8 UiO (fett)					F2: ZnS F8:ZnS, kalsitt? Mg	

Vedlegg 5 Mugganalyser

Mycoteam as
Vår saksbehandler: Kristine Rolland Behn
Telefon dir.: 464 15 622
E-post: krb@mycoteam.no



Munch Museet
v/ Eva Storevik Tveit
Postboks 1453, Vika
0116 OSLO

Dato: 12. april 2011

Vår ref: 201104063

Deres ref: Munch-museet

Munchmuseet – lerretsskisser - analyserapport

Vi har mottatt tre tapeavtrekk (Mycotape) for analyse. Prøvene er mikroskopert for undersøkelse av eventuell soppvekst. Vi har fått opplyst at prøvene er hentet fra bomull og linlerret.

Resultat

Det ble registrert sparsom vekst av muggsopp på de tilsendte tapeavtrekkene. Tabell 1 viser resultatet av prøveanalysene.

Tabell 1. Resultater av Mycotape-analyse, Prøvesett ID: 2681, Dato: 11.04.2011, Prosjekt: Munchmuseet – lerretsskisser (201104063).

Prøvenr	Prøvested	Resultater
12575:17366	M962:A1, bart lerret	Kondensmuggsopper (<i>Cladosporium</i> sp.) - Sparsom vekst (Stedvis moderat vekst)
12576:17368	M459a:Mu1, bart lerret	Kondensmuggsopper (<i>Cladosporium</i> sp.) - Sparsom vekst Muggsopp (uidentifisert) – Sparsom forekomst av fragmenter
12577:17369	Geografi	Kondensmuggsopper (<i>Cladosporium</i> sp.) - Sparsom vekst Muggsopp (uidentifisert) – Meget sparsom vekst

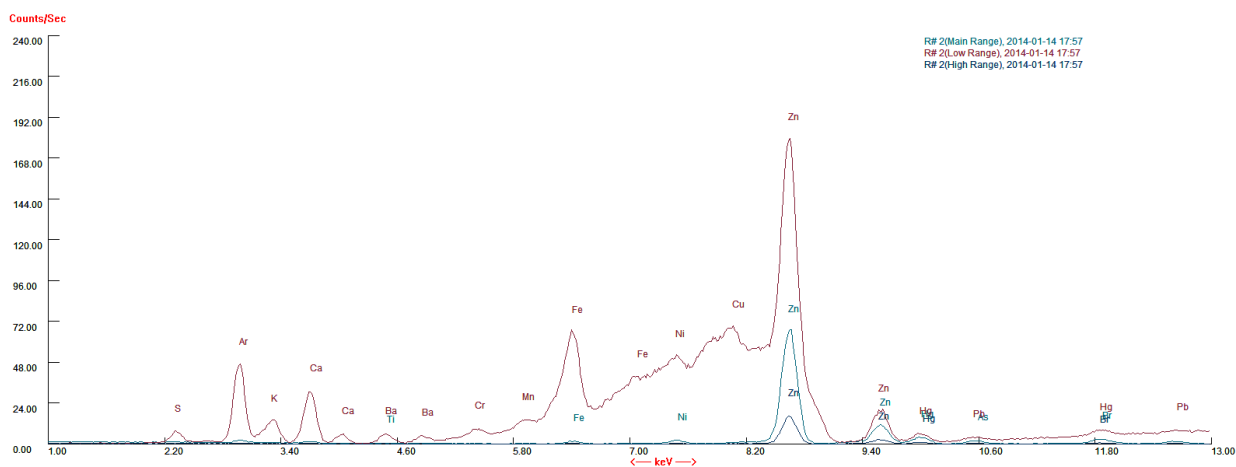
Muggsopp kan opptre på tilnærmet samtlige materialer som utsettes for høy fuktighet enten som følge av direkte fuktpåvirkning/lekkasjer eller som følge av meget høy luftfuktighet. Det vil si at muggsoppene kan vokse på både organiske materialer (trematerialer, tekstiler, papp og lignende) og uorganiske materialer (betong, teglstein o.l.) hvor organiske materialer har blitt avsatt, eksempelvis støv og papirfiber. Soppene forårsaker vanligvis ikke nedbrytning (råtedannelse) i materialene de vokser på, men kan gi helsemessige plager for disponerte personer. Nasjonalt folkehelseinstitutt anbefaler når det gjelder muggsopp; «*Synlig mugg og mugglukt skal ikke forekomme. Med dagens kunnskap kan det ikke settes en tallfestet norm*» (Anbefalte faglige normer for inneluft (1998), rapport om miljø og helse fra 2003). Se også vedlagte faktablad om muggsopp.

Kondensmuggsopper (*Cladosporium*) er svært vanlig utendørs på dødt organisk materiale (planterester osv.). Sporer fra denne slekten forekommer derfor hyppig i luftanalyser særlig om sensommeren/høsten. Imidlertid kan kondensmuggsopparter også vokse innendørs i forbindelse med fuktskader, hvor det er vanlig å påvise dem i forbindelse med kondensskader på loft, kjølerom og soverom.

Vedlegg 6 XRF-grafer og grunnstoffstabeller

Forskerne I a (X01)

Bart lerret

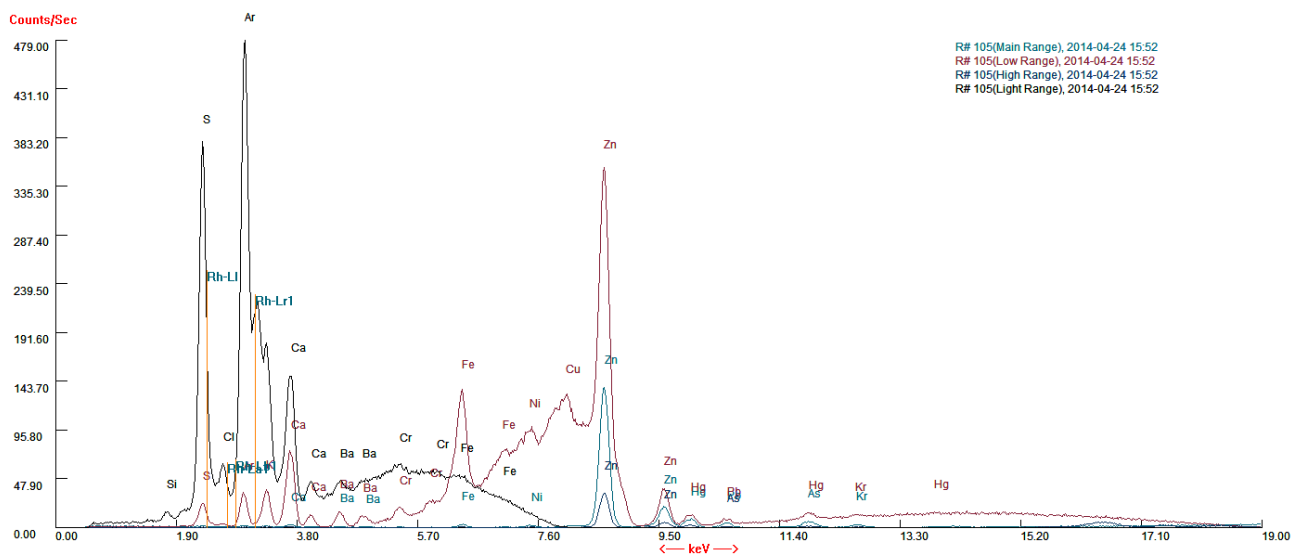


Område: Nedre høyre ytterkant

Funn: Kalium (K), svovel (S), sink (Zn), kalsium (Ca), jern (Fe), kobber (Cu), krom (Cr), nikkel (Ni)

Forskerne I a (X02)

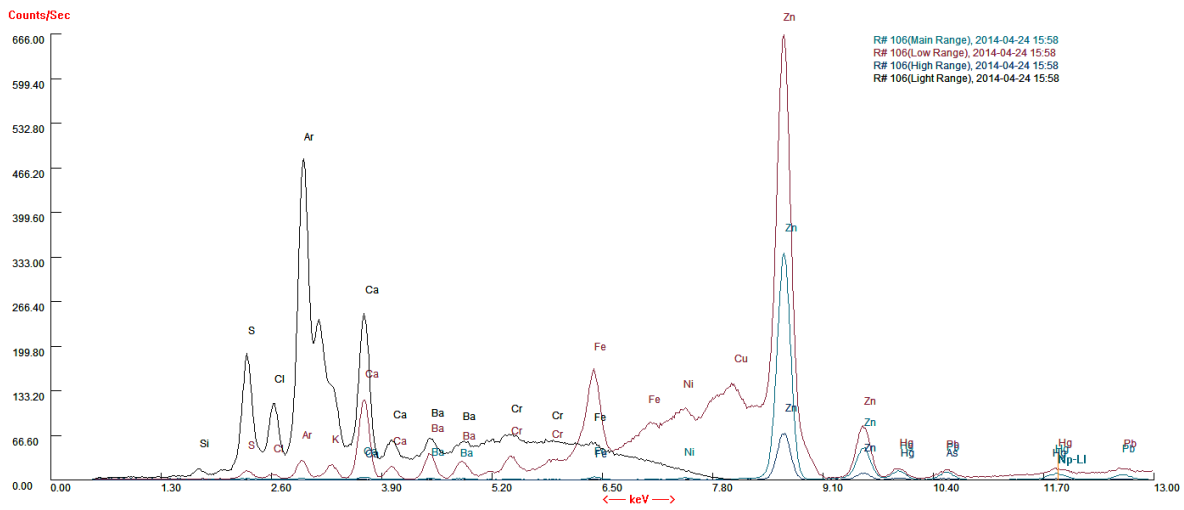
bart lerret



Område: nederst til høyre i skjørt til Alma Mater-figuren

Funn: Svovel (S), sink (Zn), kalsium (Ca), jern (Fe), klor (Cl)

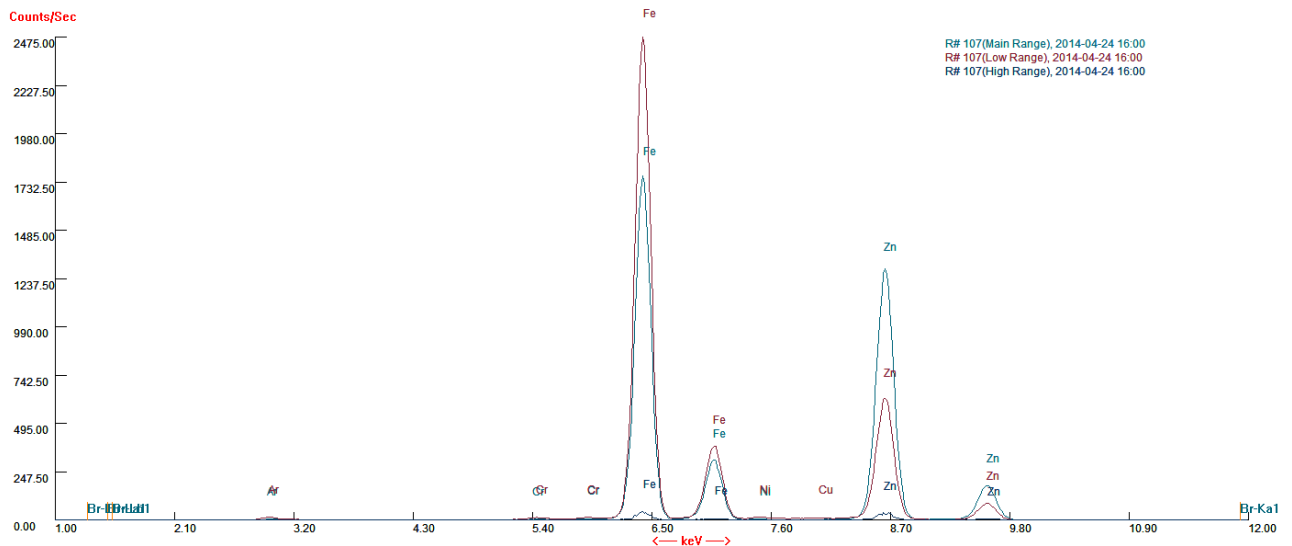
Forskerne I c (X03) Bart lerret



Område: låret til den sittende figuren

Funn: Sink (Zn), kalsium, (Ca), svovel (S), kalium (K), jern (Fe), klor (Cl)

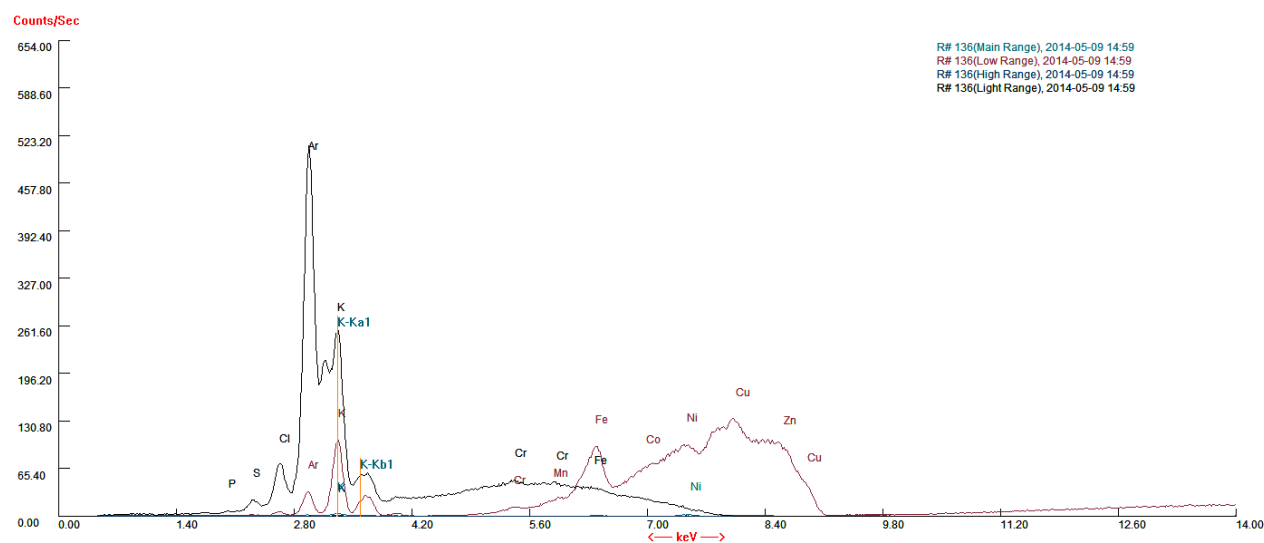
Nytt ubehandlet bomullslerret, Cotton Duck 600 A.Berger tekstil varen (forhandler: KEM)



Karakteristika: Noe stivt

Funn: Jern (Fe), sink (Zn), krom (Cr)

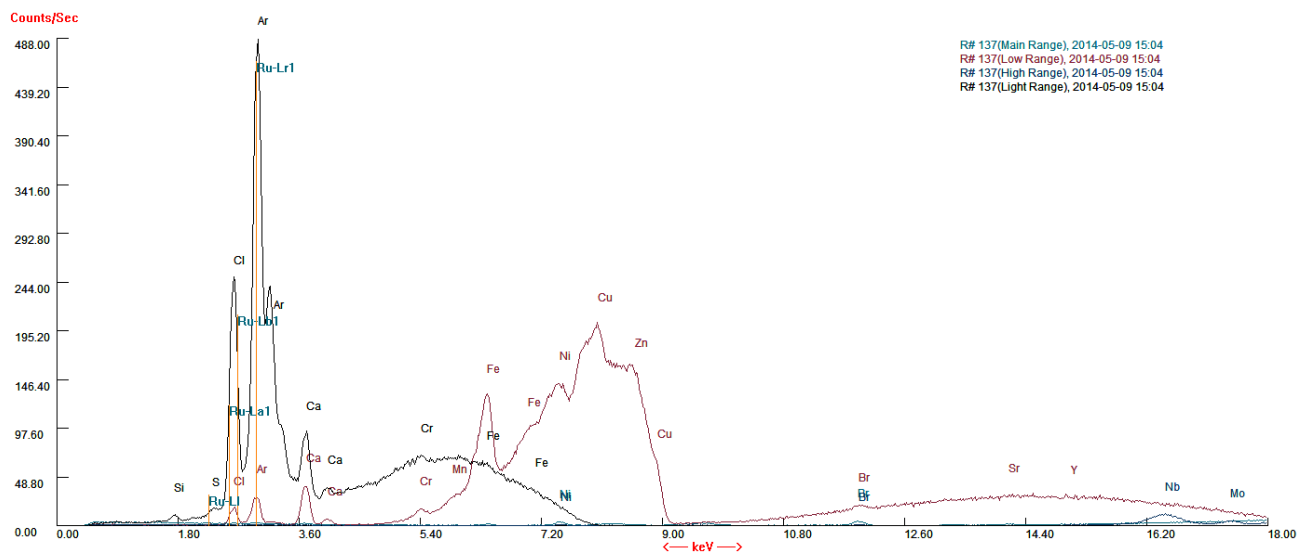
Nytt ubehandlet bomullslerret, 4429 Fra Sandvika Tekstil



Kommentar: Bomull slik Sandvika tekstil mottar den fra sin leverandør i Kina, før de foretar behandlinger som vasking, bleking etc.

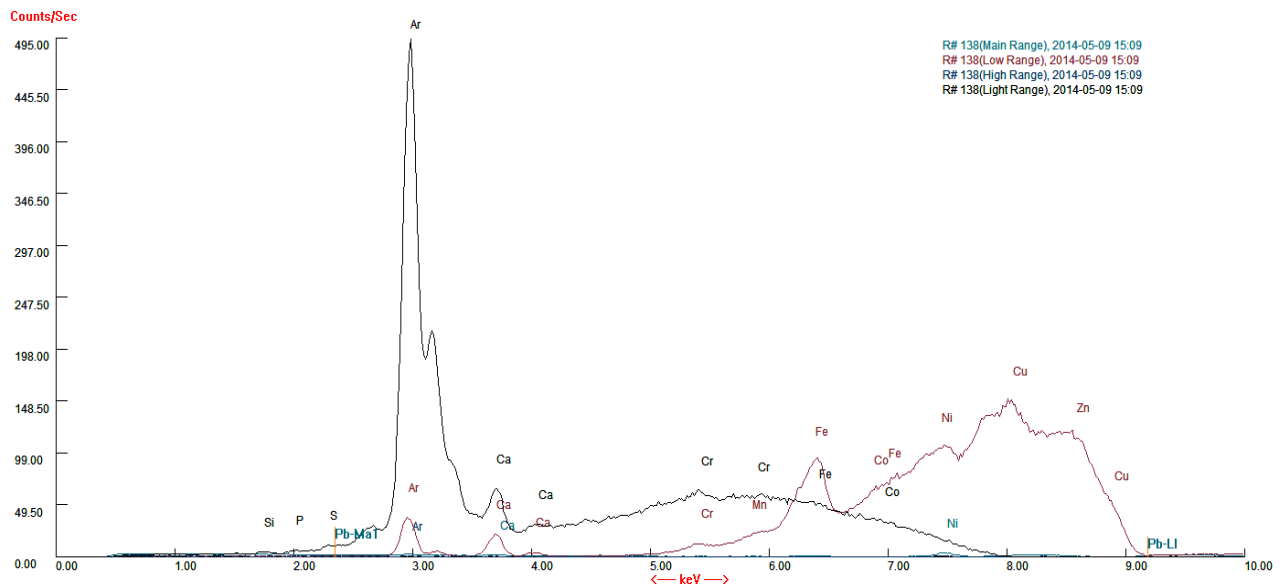
Funn: Kalium (K), klor (Cl), kalsium (Ca), svovel (S), jern (Fe), cobber (Cu), fosfor (P)

Nytt krymp- og krøllfribehandling bomullslerret, 4553 Fra Sandvika Tekstil



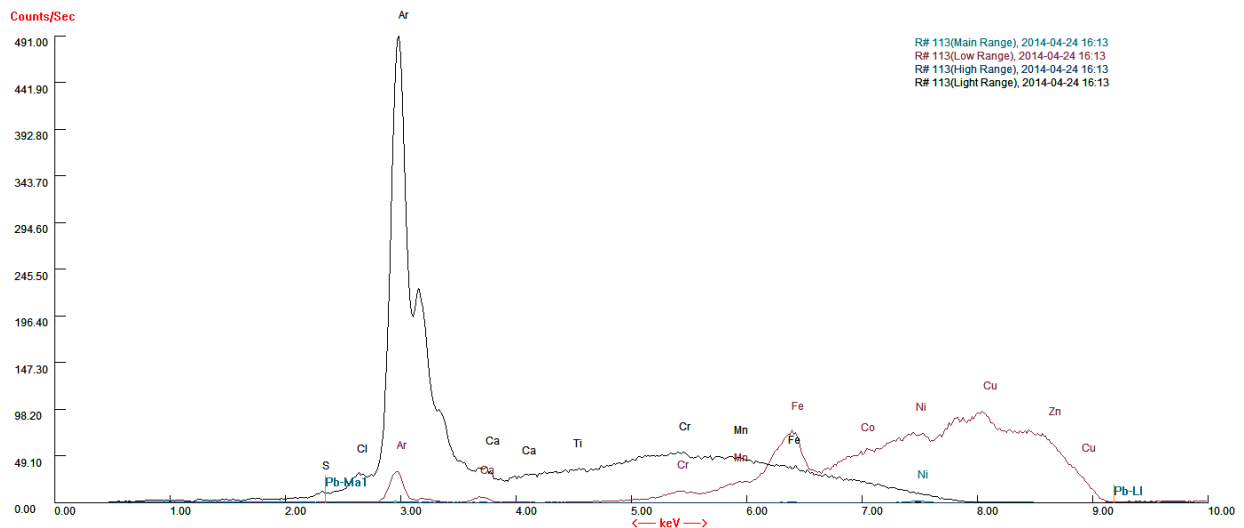
Funn: Klor (Cl), kalsium (Ca), svovel (S)

Nytt halvbleket bomullslerret fra, 4875 Sandvika tekstil



Funn: Kalsium (Ca), fosfor (P), svovel (S)

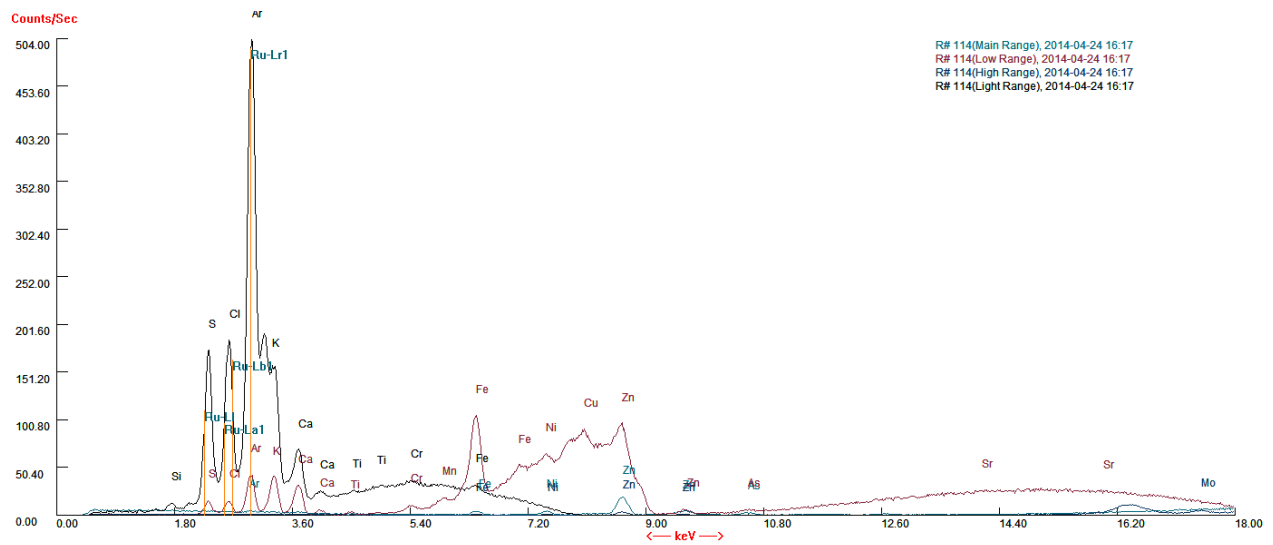
Kirurgisk bomull (bomullsvatt) Mediq Norge AS



2.måling: dobbelt lag med bomullsvatt

Funn: Kalsium (Ca), svovel (S), sink (Zn), klor (Cl), jern (Fe)

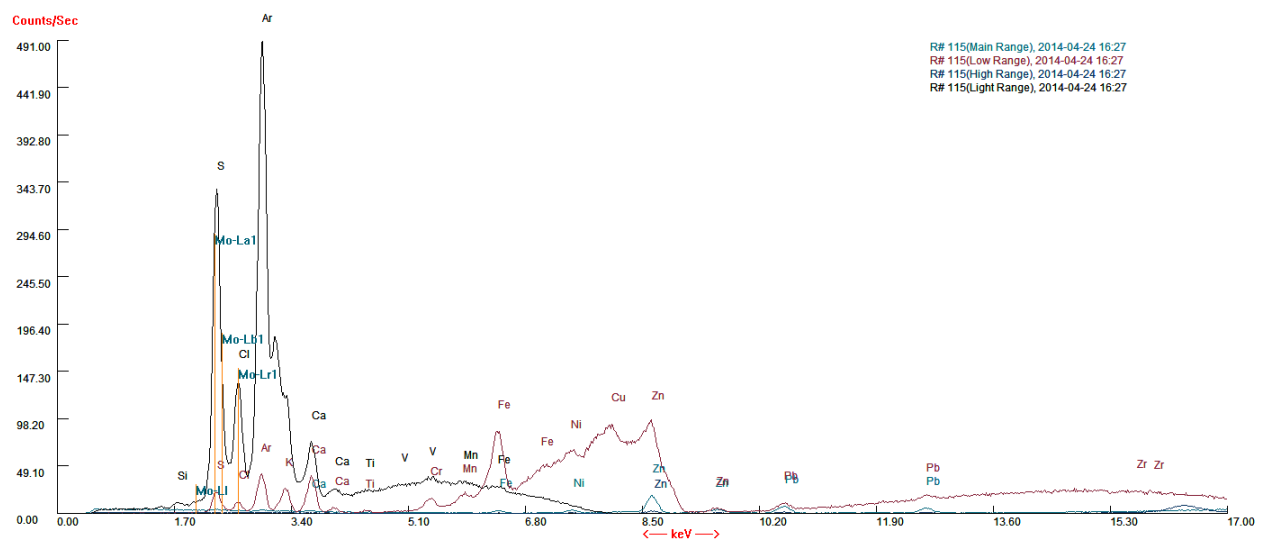
Mennesker i solen I (X04) Bart lerret



Område: Nedre kant, lysere område av lerretet

Funn: Kalium (K), svovel (S), kalsium (Ca), klor (Cl), jern (Fe), sink (Zn), krom (Cr)

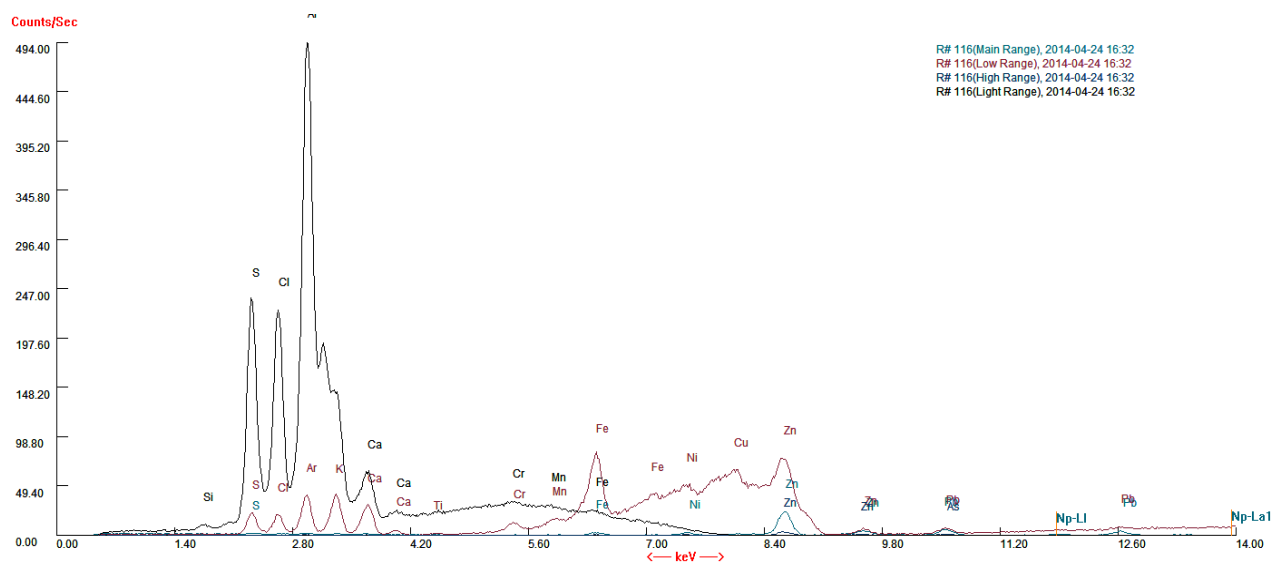
Mennesker i solen I (X03) Bart lerret



Område: øvre høyre hjørne (med blindramme under), område med utfellinger i lerretet

Funn: Svovel (S), klor (Cl), kalsium (Ca), kalium (K), jern (Fe)

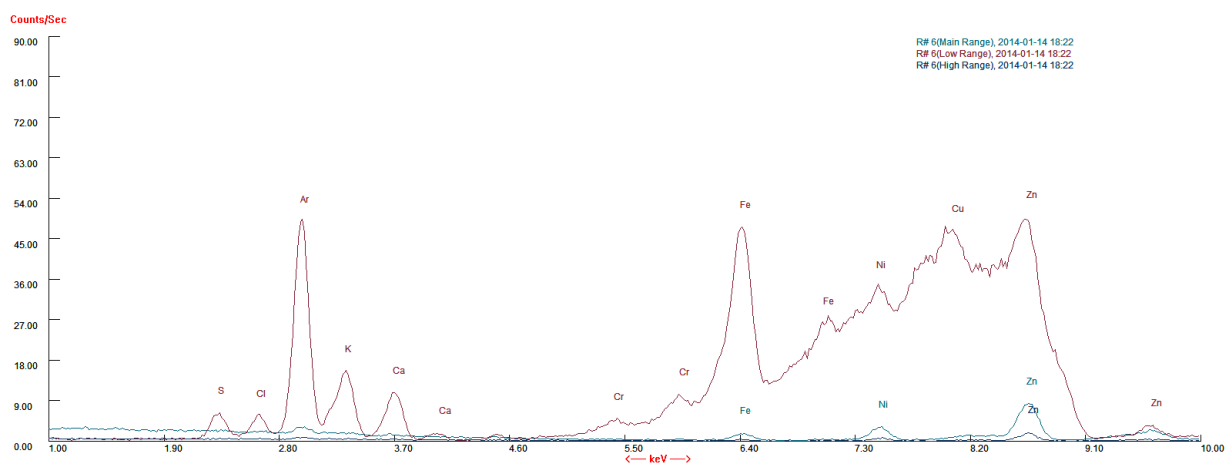
Mennesker i solen I (X05) Bart lerret



Område: lysere del av lerretet i nedre kant

Funn: Svovel (S), klor (Cl), kalsium (Ca), kalium (K), jern (Fe), sink (Zn), krom (Cr), klor (Cl)

Mennesker i solen I (X06) Bart lerret med hvite krystaller

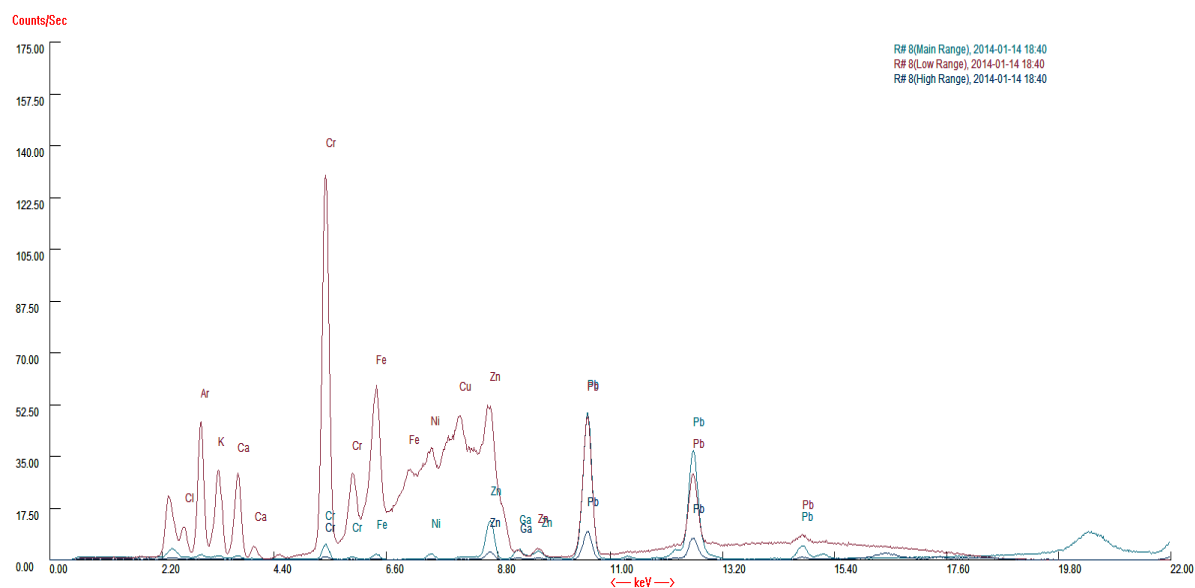


Funn: svovel (S), kalium (K), sink (Zn), kalsium (Ca), jern (Fe), krom (Cr), nikkel (Ni)

Tolkning: Sinksulfat

Mennesker i solen I (X07)

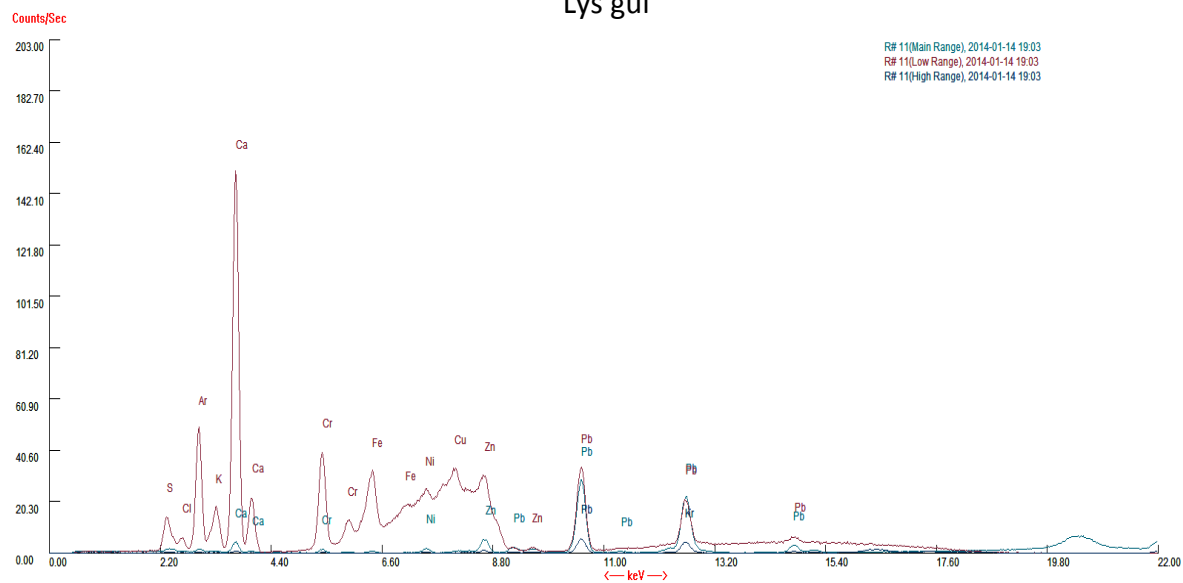
Mørk gul



Funnet: Krom (Cr), jern (Fe), kalsium (Ca), kalium (K), bly (Pb)
Tolkning: Kromgul

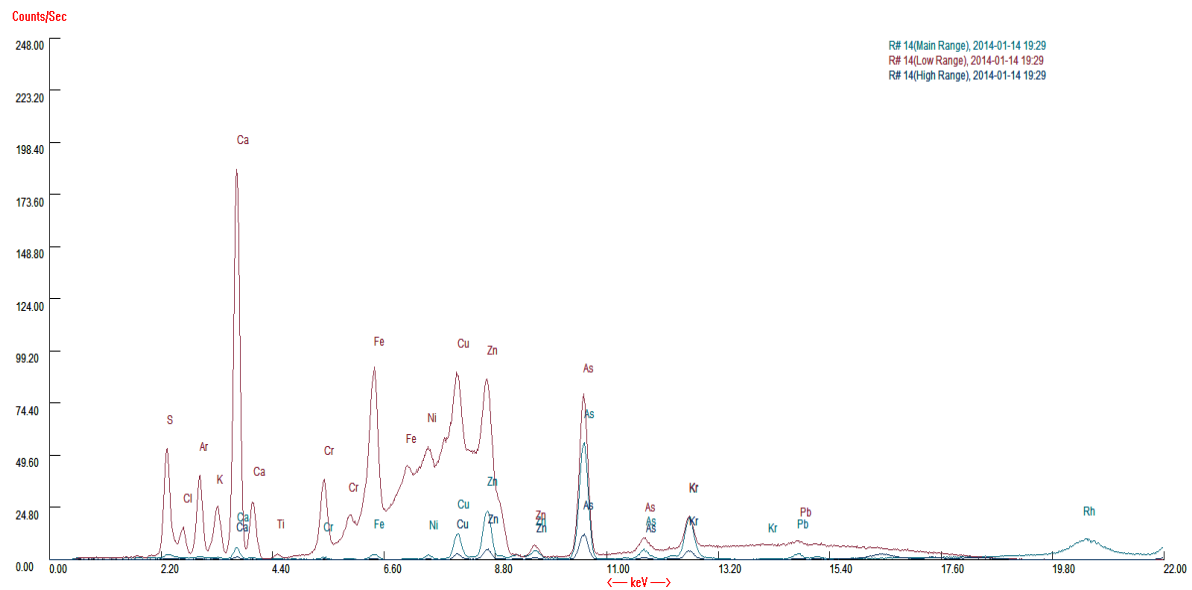
Mennesker i solen I (X08)

Lys gul



Funnet: Kalsium (Ca), krom (Cr), svovel (S), kalium (K), sink (Zn), bly (Pb)
Tolkning: Kromgul

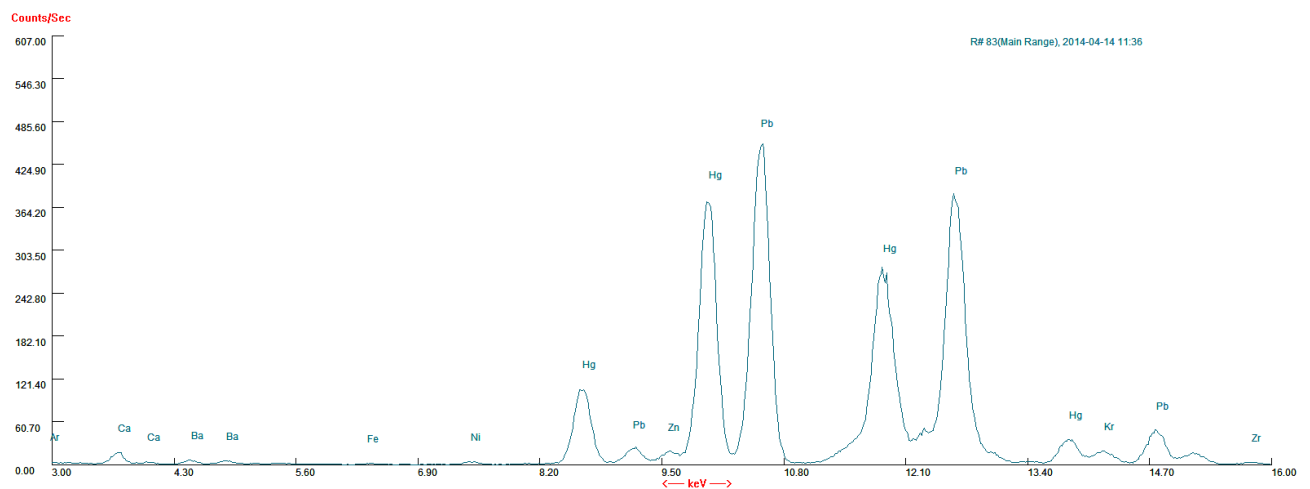
Mennesker i solen (X09) Grønn



Funnet: kalsium (Ca), kobber (Cu), arsenikk (As), Svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca), sink (Zn), jern (Fe)

Tolkning: Smaragdgrønn

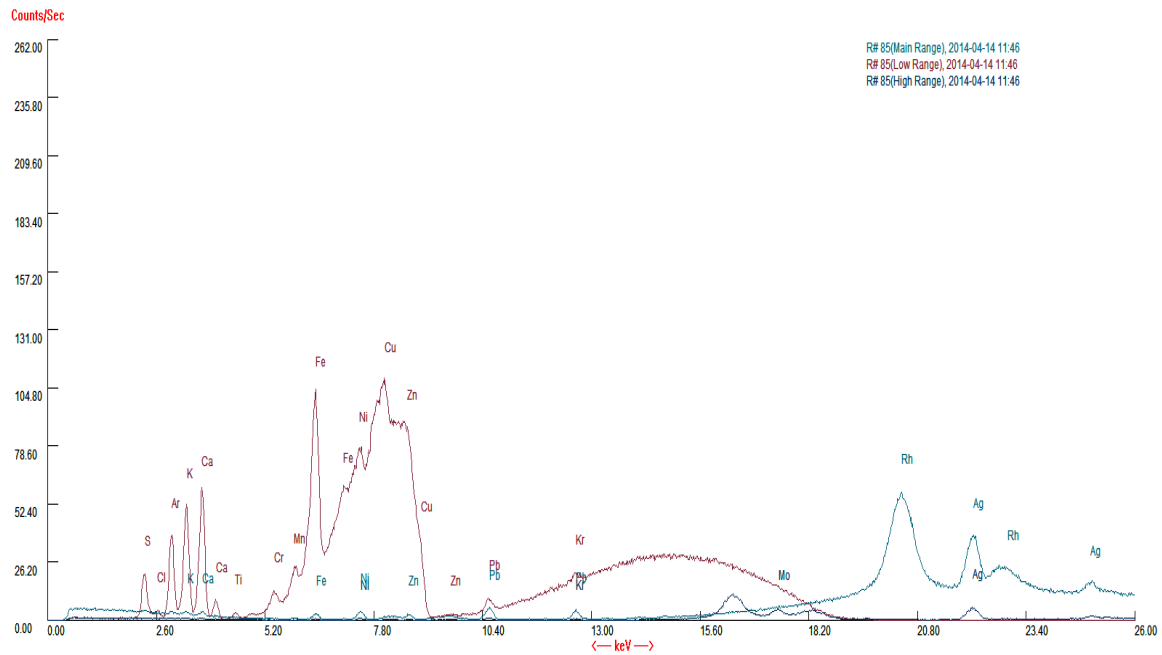
Nakne figurer II (X10) Rød



Funnet: Kvikksølv (Hg) og bly (Pb)

Tolkning: Sinober, blyhvitt

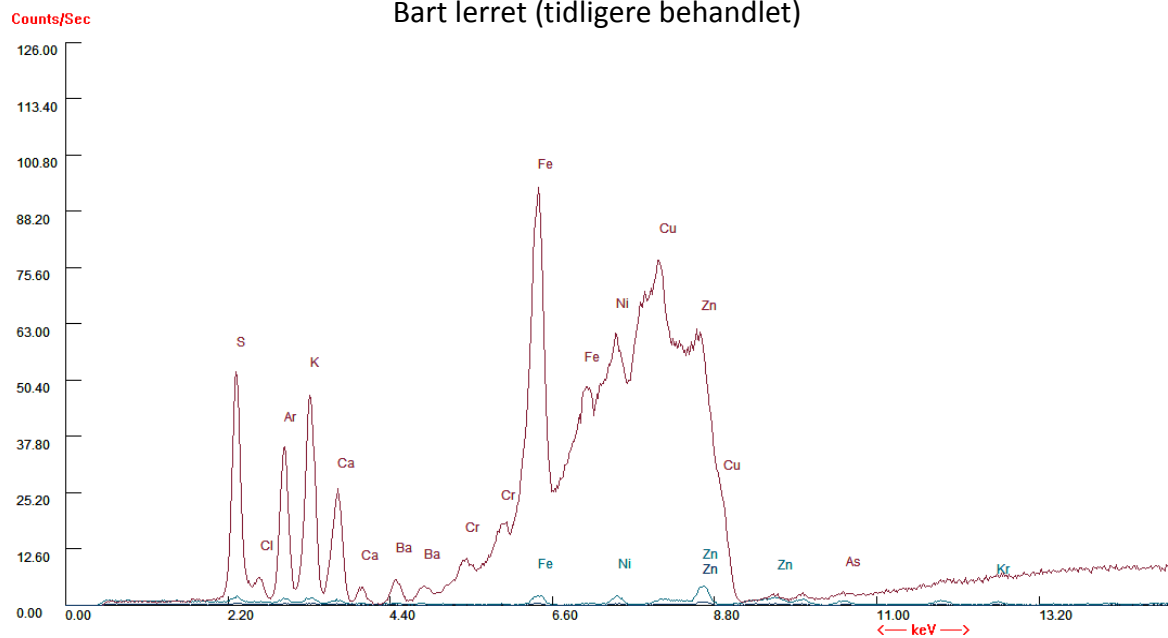
Nakne figurer II (X11) Gul



Funn: Kalsium (Ca), svovel (S), bly (Pb), kalium (K), krom (Cr), kvikksølv (Hg), jern (Fe) og kobber (Cu)

Tolkning: Kromgul, sinober

Historien I (X1, X2) Bart lerret (tidligere behandlet)



Funn: Kalium (K), Kalsium (Ca), Svovel (S), jern (Fe)

Tabell 5, grunnstoffer

Molab, EU-Artech XRF-tabell (elementer som ble funnet i lerretsområder og i fargelag med og uten hvite krystaller, grafisk dokumentasjon nederst på siden som viser analysyeområdene)

Astronomi (dublert)

XRF operative condition 0,02 mA, 38KeV; acquisition time:120 sec

File name	Description	Elements
PLS_X01 canvas	efflorescence	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti (Mn)
PLS_X02 canvas		Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti (Mn)
PLS_X03 blue	blue of the background	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti/Ba (Mn)
PLS_X04 canvas		Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti (Mn)
PLS_X05 light blue	blue of the background	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti/Ba (Mn)
PLS_X06 blue	blue of the background	Zn , Fe, K, S, Cl, Ca, Ti
PLS_X07 white	Efflorescence, canvas	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti
PLS_X08 red	leg	Zn , Hg, Fe, Cl, K, Ca, Ti/Ba
PLS_X09 purple	background	Zn , Hg, Fe, Cl, K, Ca, Ti/Ba
PLS_X10 black	leg	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti
PLS_X11 yellow	dark yellow of flesh	Zn , Ba, Ca, Fe, S, Cl, K, Cd (Pb, Sr) 11.8
PLS_X12 light yellow	hair	Zn , Ca, Ti/Ba, Cr, Fe, S, Cl, K, Pb, Sr
PLS_X13 violet	lady shoulder	Zn , Fe, Ti/Ba, S, Cl, K, Ca 11.8
PLS_X14 light yellow	pigment grain on the lady shoulder	Zn , Ca, Cr, Pb, Fe, S, Cl, K, Ti/Ba (Sr)11.8
PLS_X15 red	man shoulder	Zn , Hg, Fe, K, Ca, Ti/Ba
PLS_X16 blue	sky, similar tonality as X03	Fe , Zn , K, Ca, Ti/Ba, S, Cl (Pb) 11.8
PLS_X17 blue	sky	Zn , Fe, S, Cl, K, Ca, Ti/Ba (Mn)
PLS_X18 yellow	dark yellow of flesh	Zn , Ba, Fe, Ca, S, Cl, K, (Cd, Pb, Sr) 11.8
PLS_X19 blue	brilliant blue hue	Zn , Fe, K, S, Cl, Ca, Ba
PLS_X20 blue	brilliant blue hue	Zn , Fe, K, S, Cl, Ca, Ba



Tabell 6, grunnstoffer***Mennesker i solen I***

XRF operative condition 0,02 mA, 38KeV; acquisition time:120 sec

File name	Description	Elements
NFSS_X01 yellow	back	Pb, Ca , Cr, Zn, Fe, K, Cl, K
NFSS_X02 red	head close to yellow and blue	Hg , Ca, Zn, Ti/Ba, Fe, Cr, K, Cl, Pb, 11.8
NFSS_X03 canvas		Zn , Ca, Fe, K, S, Cl, Cr, Pb, Ti/Ba
NFSS_X04 green	efflorescence	Zn , Cu, As, Ca, S, K, Cr, Fe, Pb
NFSS_X05 yellow	ray	Zn , Cr, Pb, Ca, K, Fe, Cl
NFSS_X06 light yellow	leg	Ca , Zn, Pb, Cr, Fe, K, Cl
NFSS_X07 blue	dark blue hue	Fe, Zn , K, Ca, S, Cl
NFSS_X08 canvas		Zn , Fe, Ca, K, S, Cl (Ti, Cr)
NFSS_X09 red		Hg , Zn, Ca, Fe, K, Ti/Ba, Pb, Cl
NFSS_X10 white	leg	Pb, Zn , Fe, Ca, K, S, Cl (Ti, Cr)
NFSS_X11 canvas	no efflorescence	Zn , Ca, Fe, K, S, Cl, Pb, Ti/Ba, Cr
NFSS_X12 canvas	efflorescence	Ca, Zn , Fe, K, S, Pb, Cr, Cl, Ti/Ba
NFSS_X13 blue	brilliant blue hue	Ca, Zn , Fe, K, S, Cl
NFSS_X14 green	sea	Cu , As, Ca, Zn, Fe, S, Cl, K, Cr, Pb
NFSS_X15 yellow		Cr , Pb, Zn, Ca, K, Fe, Cl
NFSS_X16 light yellow		Ca , Zn, Pb, Cr, Fe, K, Cl
NFSS_X17 white	efflorescence	Ca , Zn, S, K, Cl (Ti/Ba) 11.8
NFSS_X18 canvas	no efflorescence	Zn , Ca, K, Fe, S, Cl
NFSS_X19 blue	efflorescence	Zn , Fe, Ca, K, S, Cl
NFSS_X20 canvas	efflorescence	Zn , Ca, Fe, S, K, Cl
NFSS_X21 blue	Efflorescence, light blue/with white	Ca , Zn, K, Fe, S, Cl (Pb, Cr, Mn)
NFSS_X22 white	efflorescence	Ca , Zn, Fe, K, S, Cl, Pb (Cr, Mn)
NFSS_X23 white	no efflorescence	Ca , Zn, Fe, K, S, Cl, Pb (Cr, Mn)
NFSS_X24 yellow	efflorescence	Zn , Cu, As, Cr, Fe, Ca, S, Pb, K, Cl
NFSS_X25 yellow	no efflorescence	Zn , Cr, Pb, Ca, Fe, K, Cu, As, Cl
NFSS_X26 canvas	Efflorescence, wood on the back	Zn , Fe, Ca, S, K, Mn
NFSS_X27 canvas	no efflorescence, wood on the back	Zn , Fe, Ca, S, K, Mn (spectrum very similar to 26 one)
NFSS_X28 light blue	no efflorescence	Zn , Ca, Fe, K, S, Cl (Ti, Pb)
NFSS_X29 light blue	efflorescence	Ca, Zn , Fe, K, S, Cl (Ti, Pb)
NFSS_X30 orange	Efflorescence close to blue, green and yellow areas	Ca , Pb, Hg, Cr, Fe, K, Cu, As, Ti/Ba, Cl

Grafisk dokumentasjon for XRF og Mid-FTIR analyser (tabel 6 og 7) utført av Molab

Mennesker i solen I



Vedlegg 7 Mid-FTIR

Tabell 7, elementer og tolkninger

Mennesker i solen I

(600 scan, spectral resolution 4 cm⁻¹)

<i>File name</i>	<i>description</i>	<i>Comment</i>
NFSS_M01 canvas	Efflorescence (X_12)	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)
NFSS_M02 canvas	Canvas (X_11)	Signals of canvas
NFSS_M03 yellow	Efflorescence on yellow	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp), kaolin
NFSS_M04 blue	Efflorescence on blue	Prussian blue
NFSS_M05 canvas	Efflorescence	Sulphate
NFSS_M06 canvas	Efflorescence	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp) and sulphate
NFSS_M07 yellow	Efflorescence	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp), kaolin
NFSS_M08 canvas	Canvas	Carbonate
NFSS_M09 canvas	Efflorescence on white area between yellow colour	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp), kaolin
NFSS_M10 white	White brush stroke (X_10)	Possible lipidic
NFSS_M11 red	Efflorescence on red	Sulphate
NFSS_M12 yellow	Efflorescence on yellow	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp),
NFSS_M13 green	Efflorescence on green	Signals of canvas
NFSS_M14 blue		Prussian blue
NFSS_M15 light blue	Whitening	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)
NFSS_M16 canvas	Efflorescence	Low carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)
NFSS_M17 yellow	Efflorescence	Sulphate,
NFSS_M18 whitenig	Efflorescence /whitening	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp),
NFSS_M19 whitenig	Efflorescence/whitening	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp),
NFSS_M20 lightblue	Whitening(?)	Prussian blue, carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)
NFSS_M21 lightblue	whitening	Prussian blue, carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)
NFSS_M22 canvas		Signals of canvas
NFSS_M23 blue	Efflorescence	Signals of canvas
NFSS_M24 canvas	Efflorescence	Signals of canvas
NFSS_M25 lightblue	whitening	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp),
NFSS_M26 lightblue	Efflorescence and whitening	Carbonate (2410 cm ⁻¹ sharp)

Vedlegg 8 XRD-grafer

Water was used to hold the samples on the sample holder.
The samples were run on Si single crystal sample holder. Cu-radiation. Room temperature.
The diagrams have been rescaled. All were measured several hours after the samples were put on the sample holders (Renie Birkedal Nielsen, Kjemisk Institutt, UiO).

Counting time

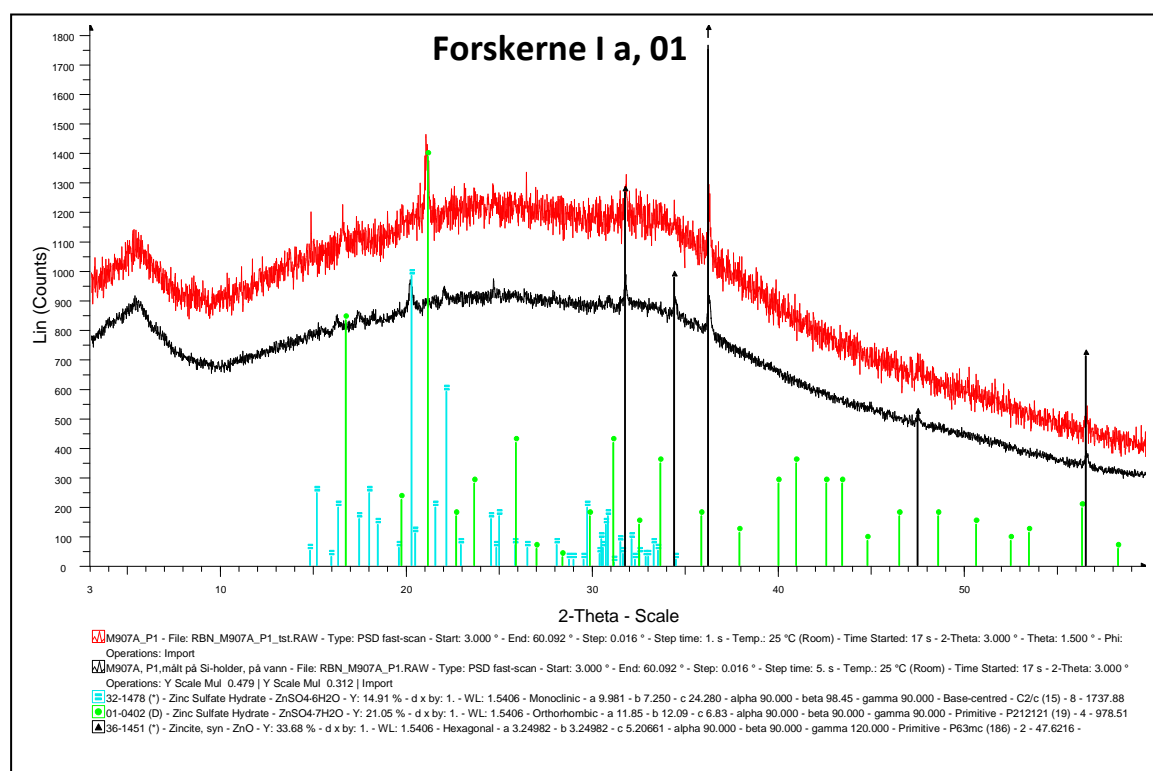
Forskerne I F2: 5 second pr step

Geografi F3: 2 seconds pr step

Astronomi F5: 2 seconds pr step

Astronomi F6: 2 seconds pr step

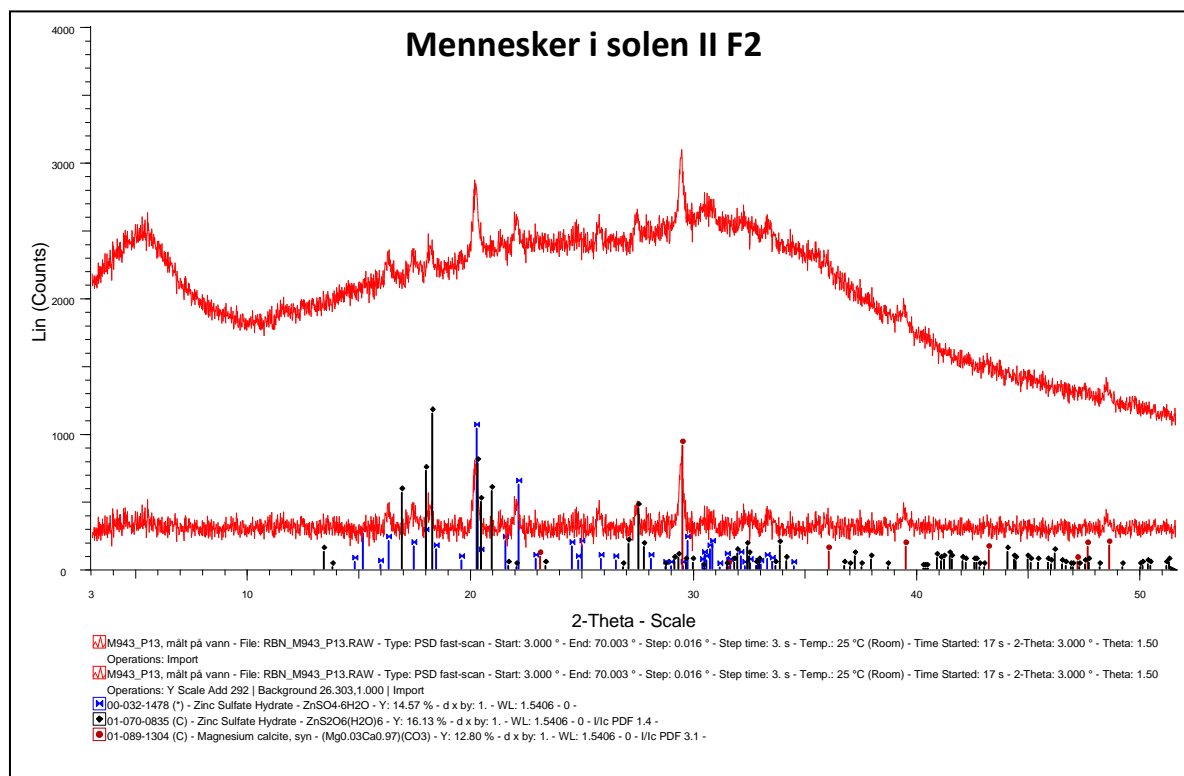
Forskerne III F7: 2 seconds pr step



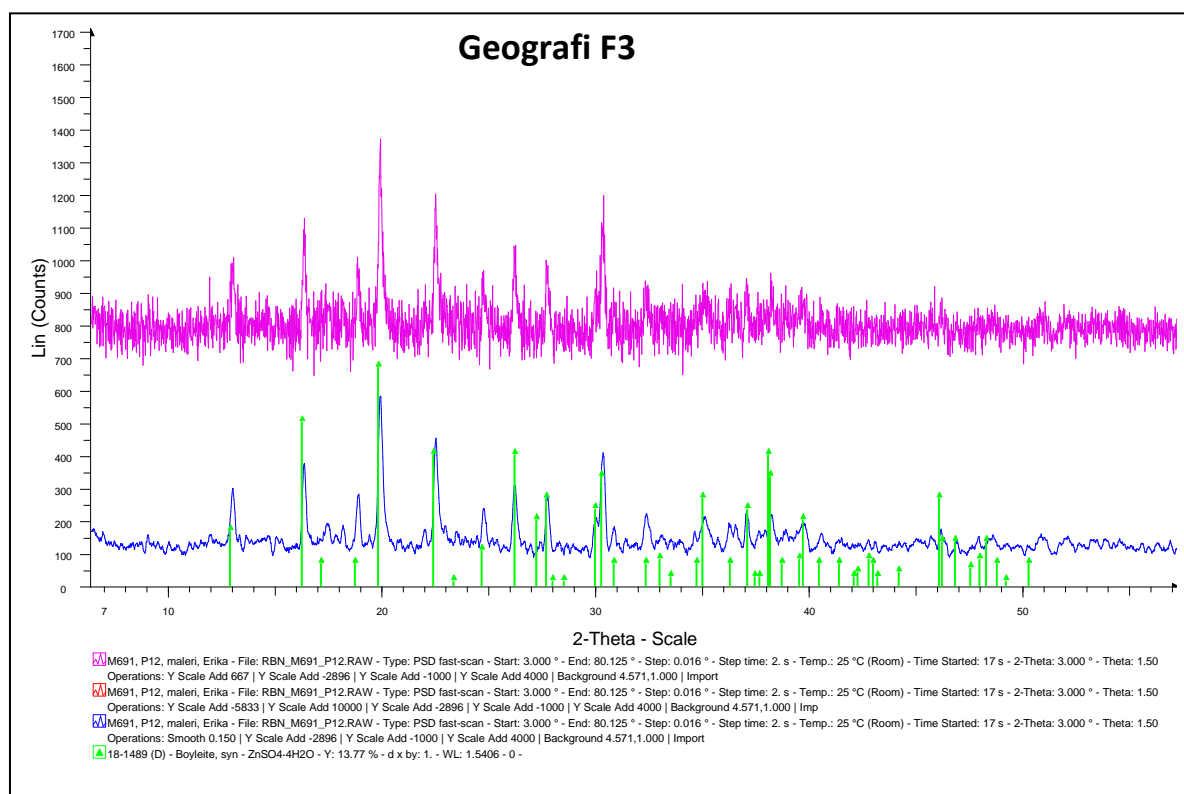
The red diagram shows Zincite (synthetic ZnO (black)) and ZnSO₄·7 H₂O (green)

The black diagram has been scaled. Counting time 5 seconds pr 1 step.

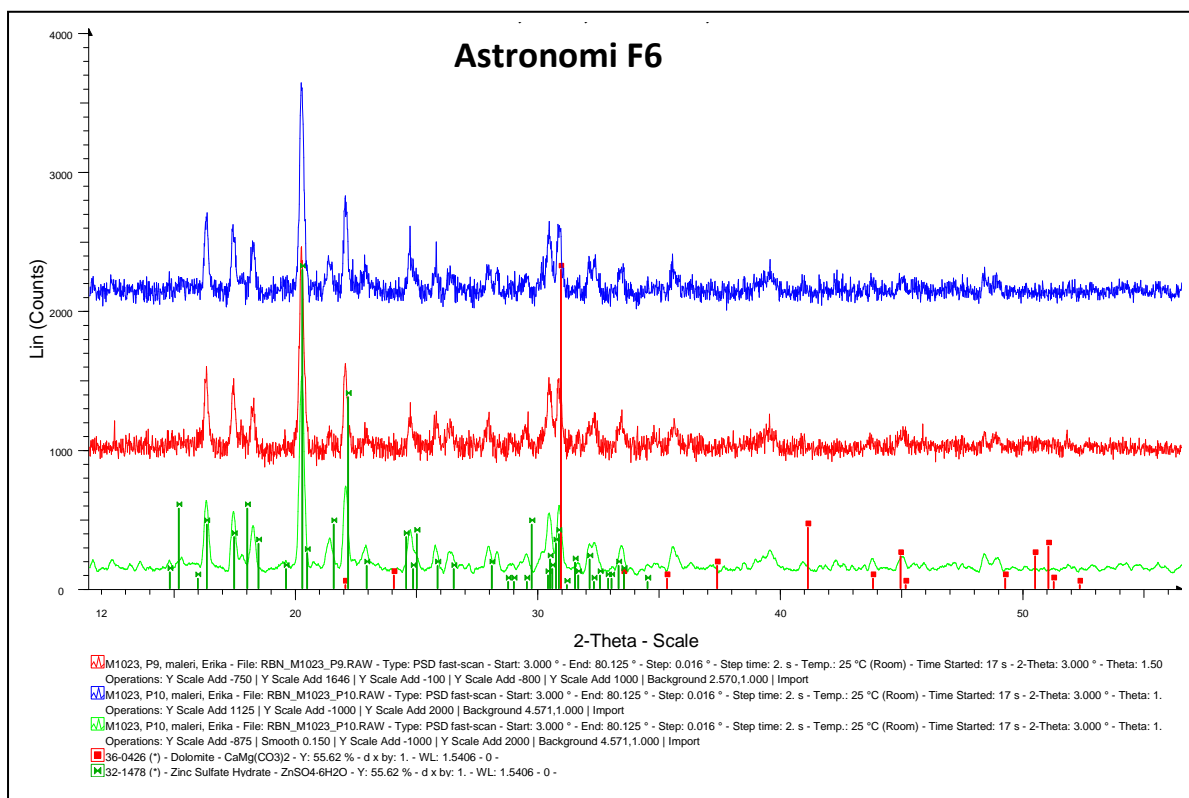
The black diagram shows Zincite (synthetic ZnO (black)) and ZnSO₄·6 H₂O (blue)



Denne prøve har tydelig kalsitt / magnesiumkalsitt. Den inneholder også zinksulfat hexahydrat ZnSO₄·6H₂O og kanskje ZnS₂O₆(H₂O)₆.

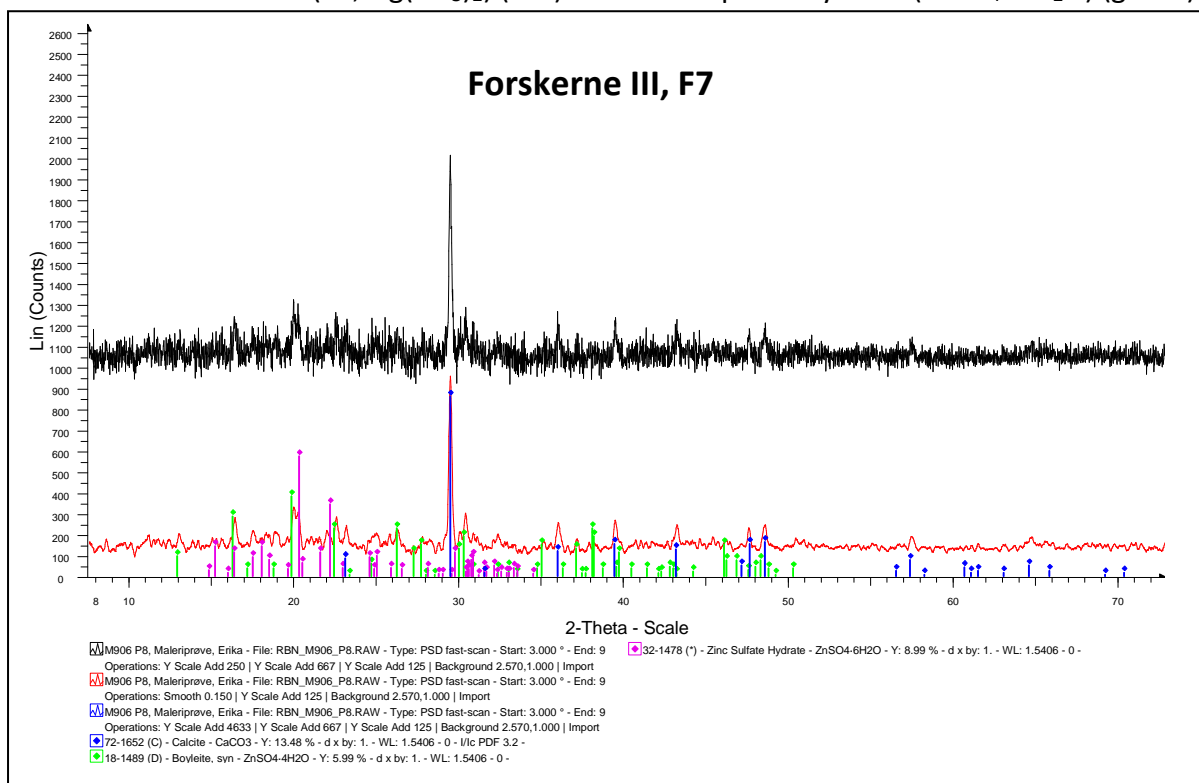


The blue curve is a smoothed version of the pink.
 The sample contains boyleite (Zn, Mg) SO₄·4H₂O (green).



The two samples from Astronomi from F5 and 6 were very alike.

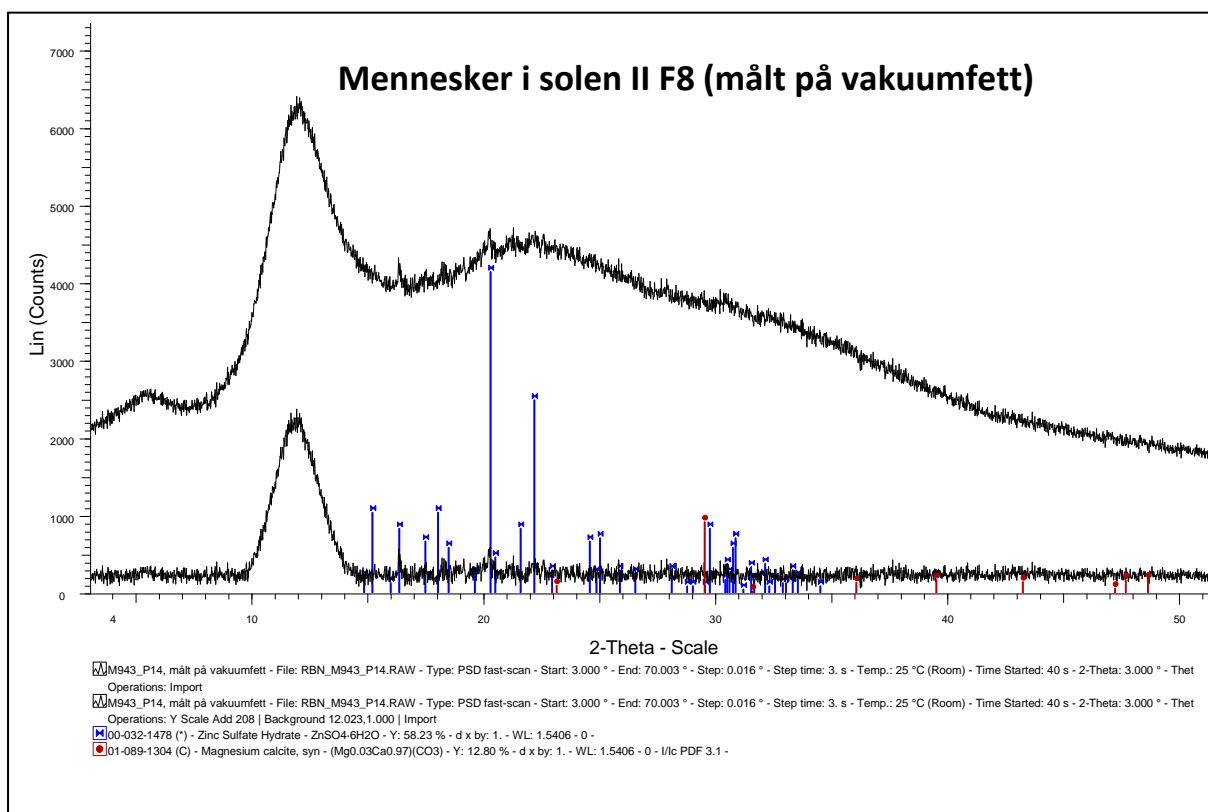
Both contain dolomite ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$) (red) and zinc sulphate hydrate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (green).



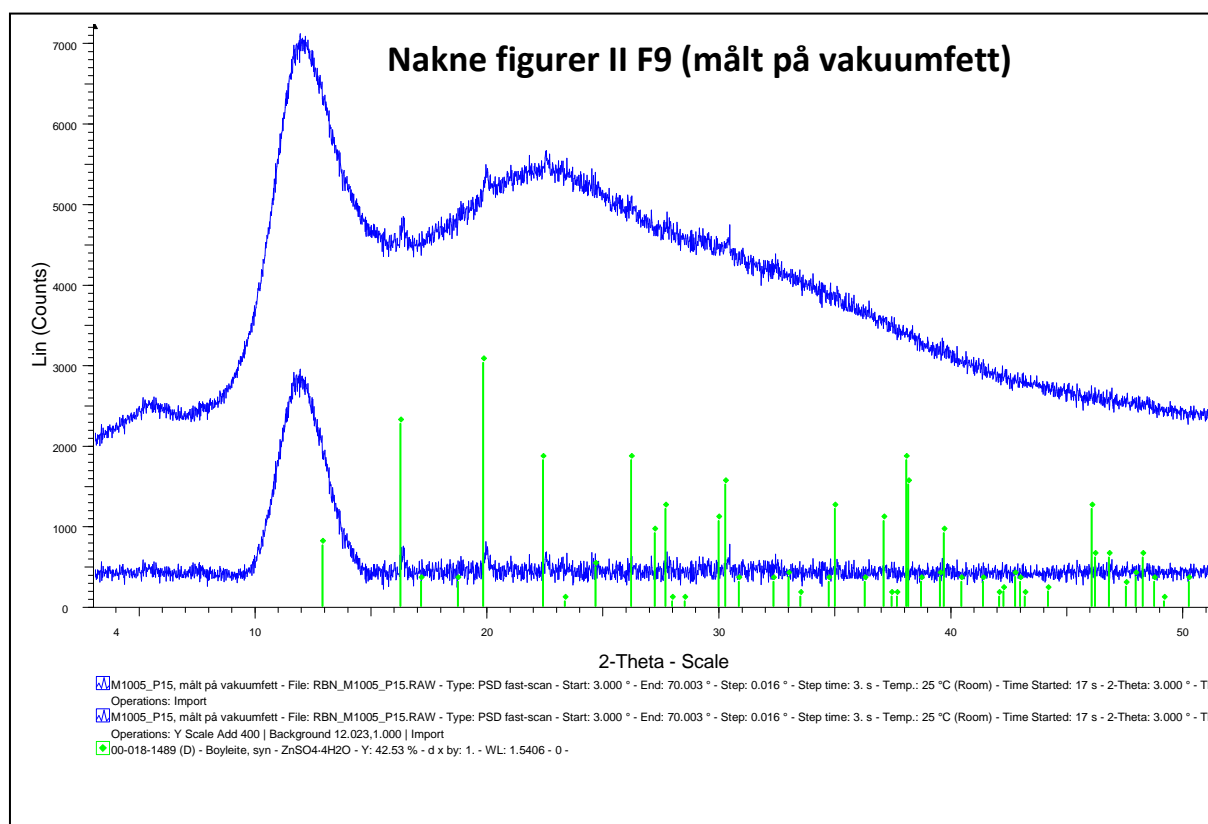
Boyleite ($\text{Zn, mg} \text{ SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (red) and zinc sulphate hydrate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (blue).

The red curve is a smoothed version of the black.

The sample appears to contain calcite (CaCO_3) (blue), but could contain magnesium as well, boyleite ($\text{Zn, Mg} \text{ SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (green) and zinc sulphate hydrate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (pink).



Hovedkomponenten i denne prøve er zink sulfat hexahydrat. Kanskje også litt kalsitt / magnesiumkalsitt



Boyleite (Zn, Mg) SO₄•4H₂O) and zinc sulphate hydrate (ZnSO₄•6H₂O) (blue).

Vedlegg 9 SEM- EDS/EDX grafer og *back scatter* illustrasjoner

Forskerne I, P15 Tverrsnitt (SEM-EDS: Hans J. Berg, Geologisk museum, UiO)

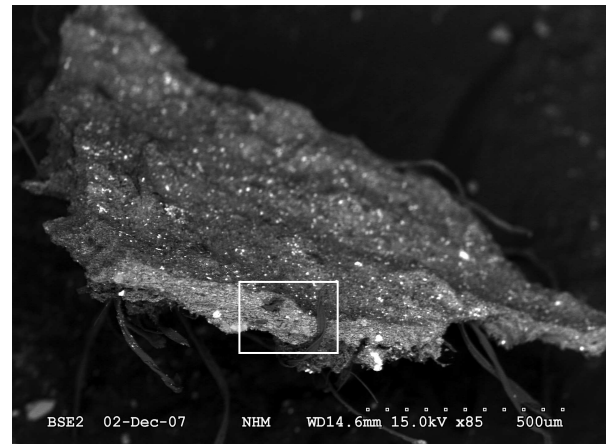
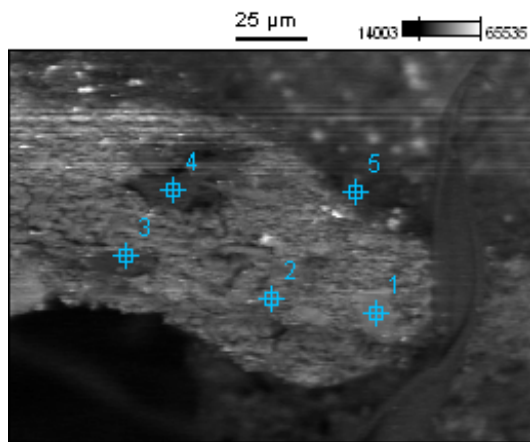
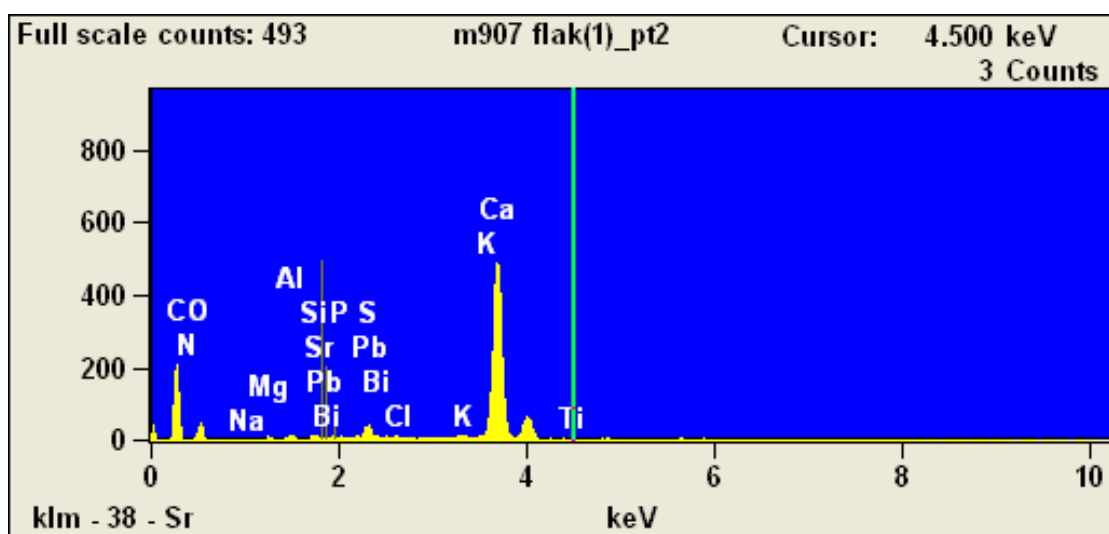
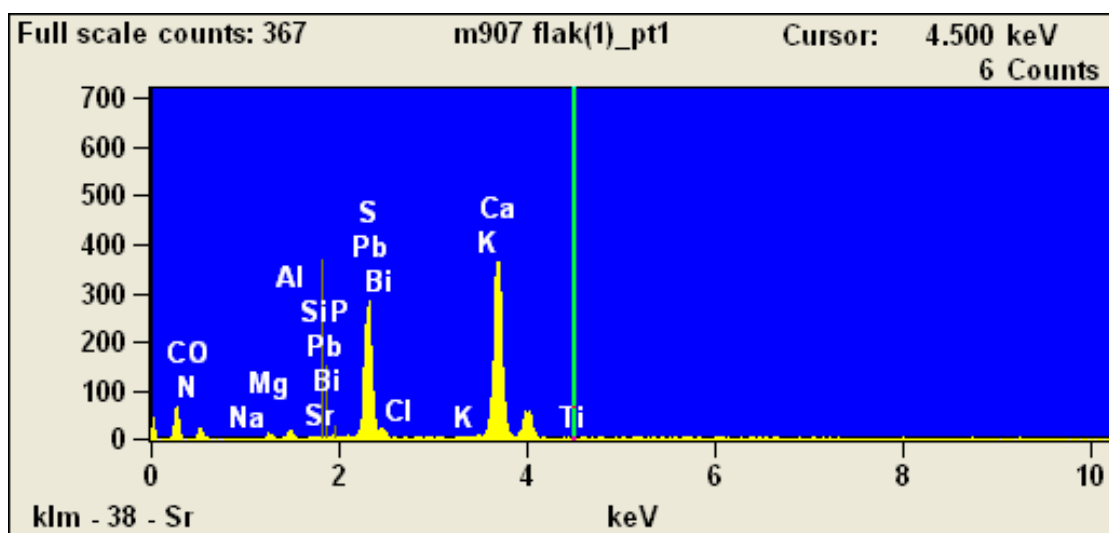
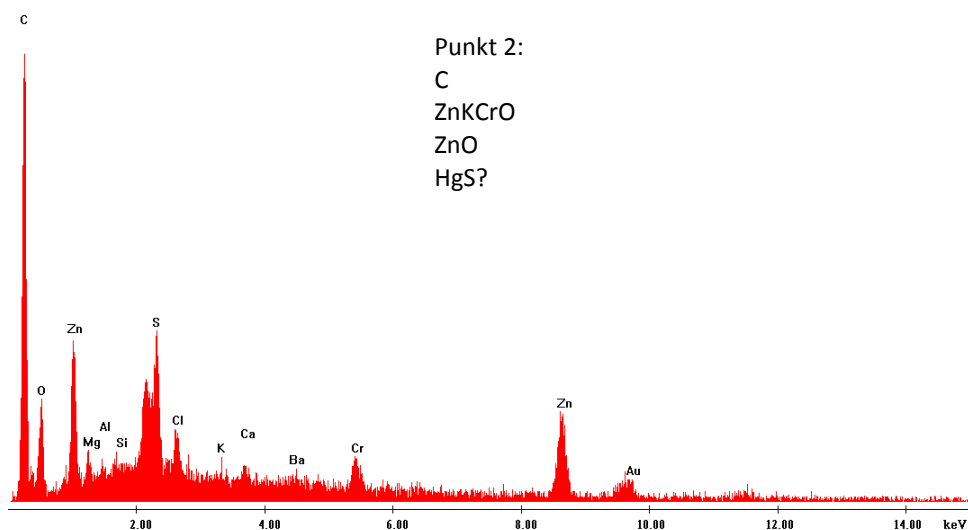
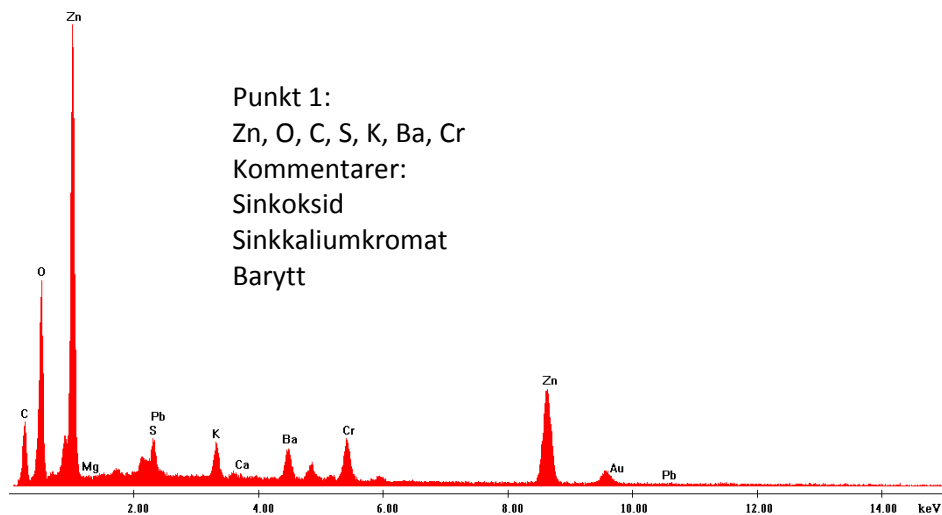
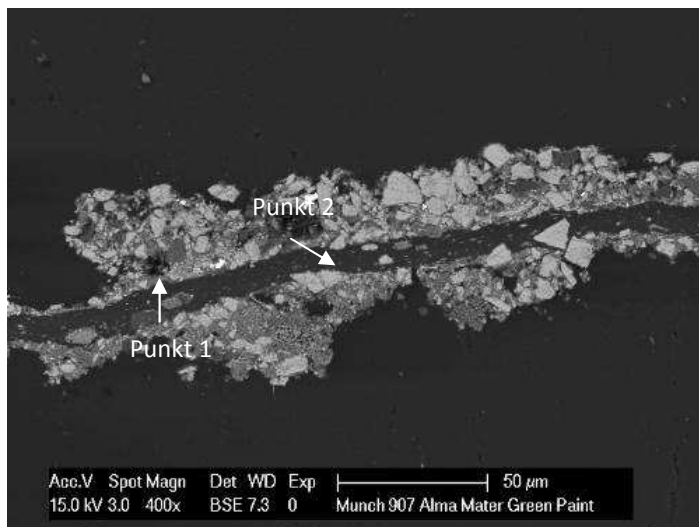


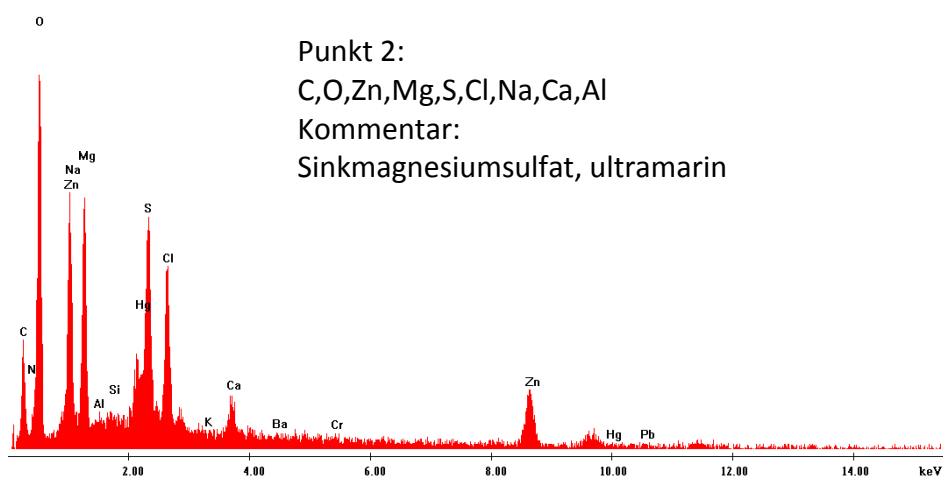
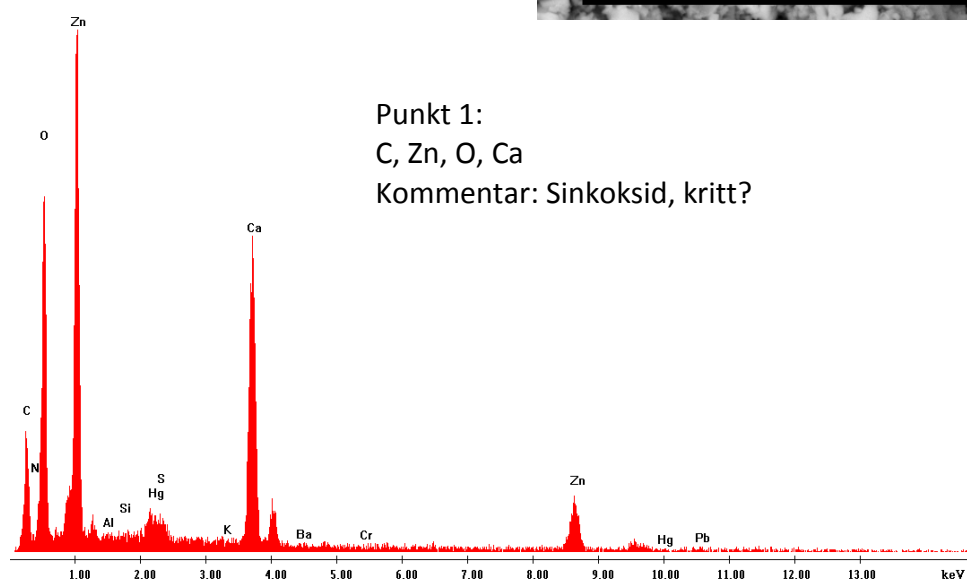
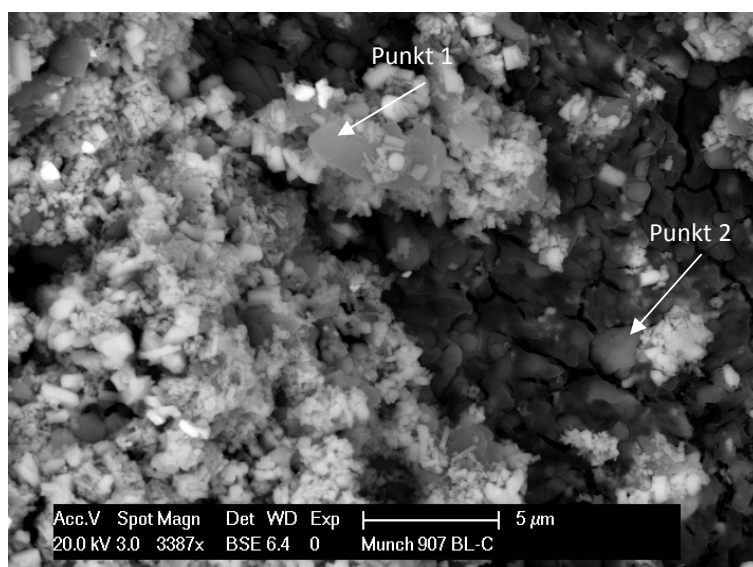
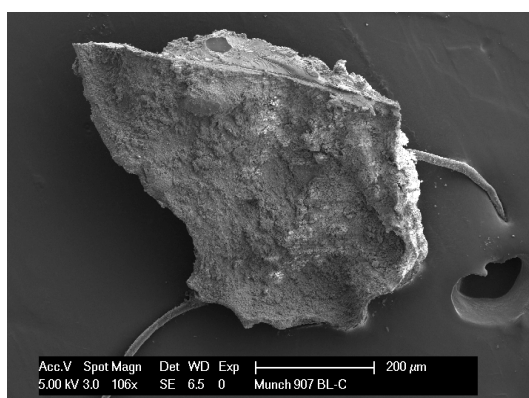
Image Name: m907 flak(1)
Accelerating Voltage: 15.0 kV
Magnification: 550

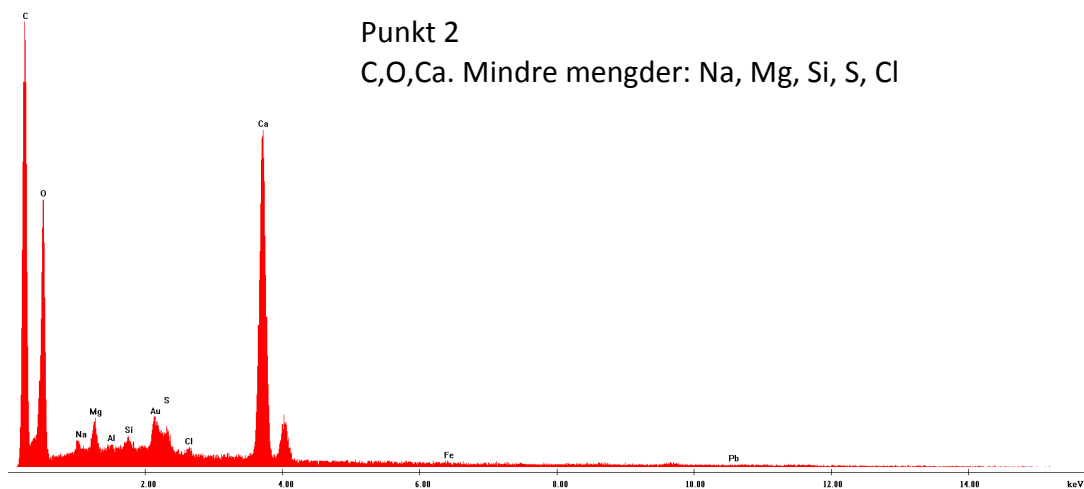
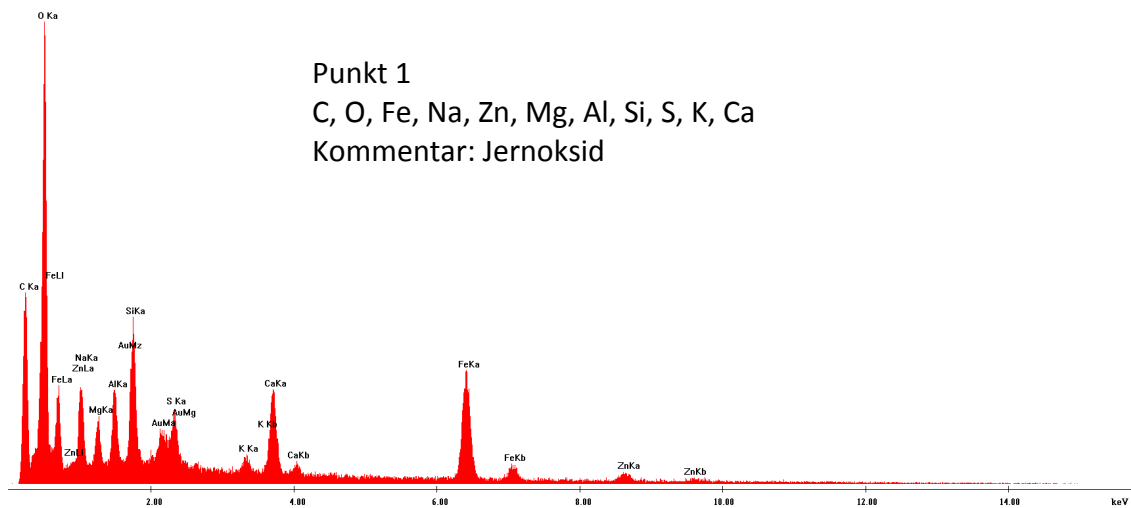
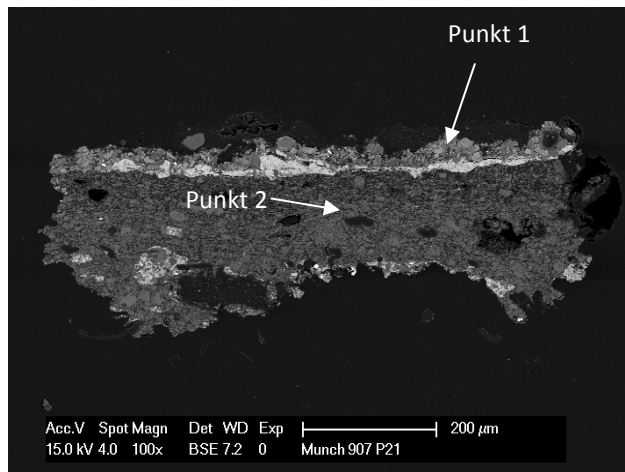


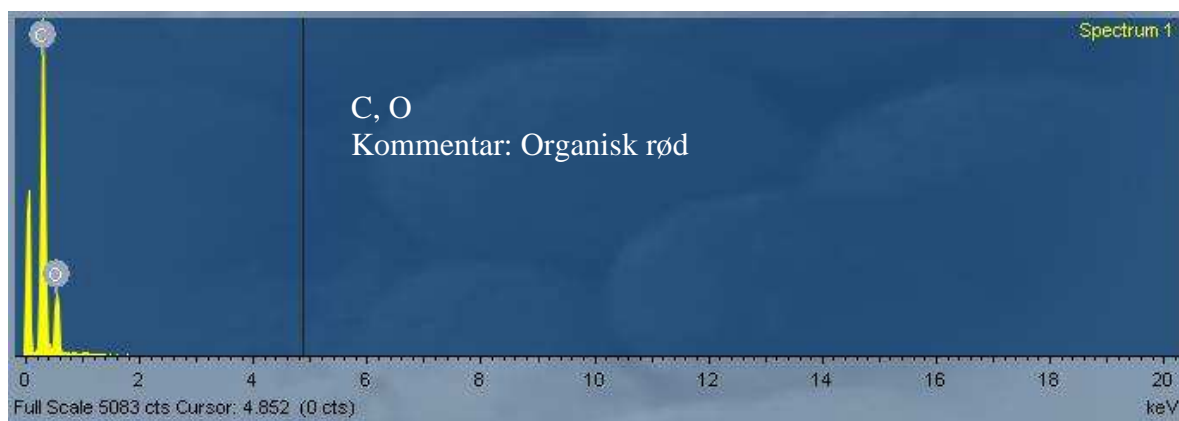
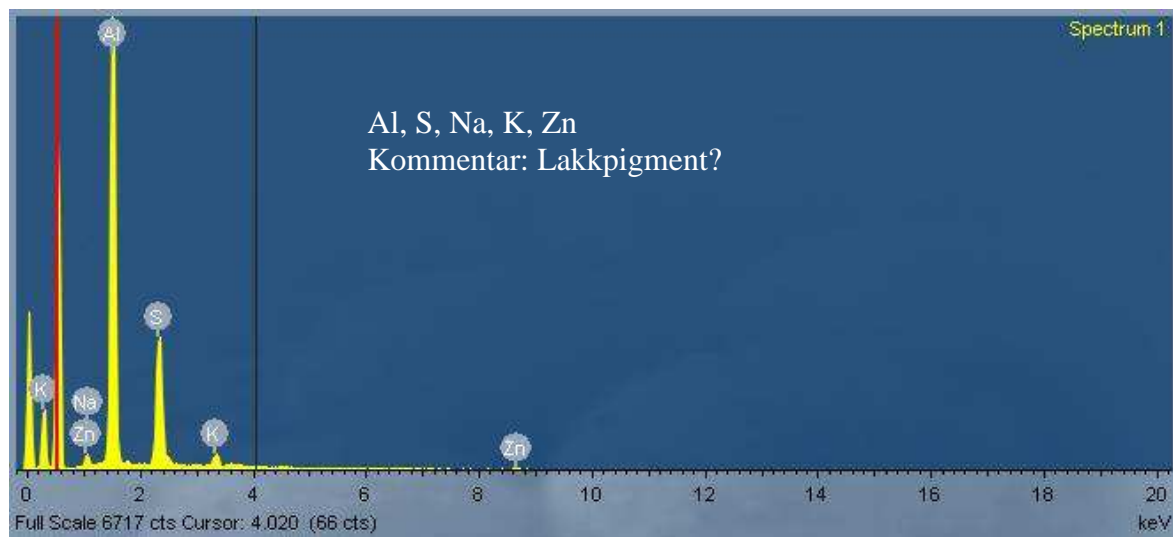
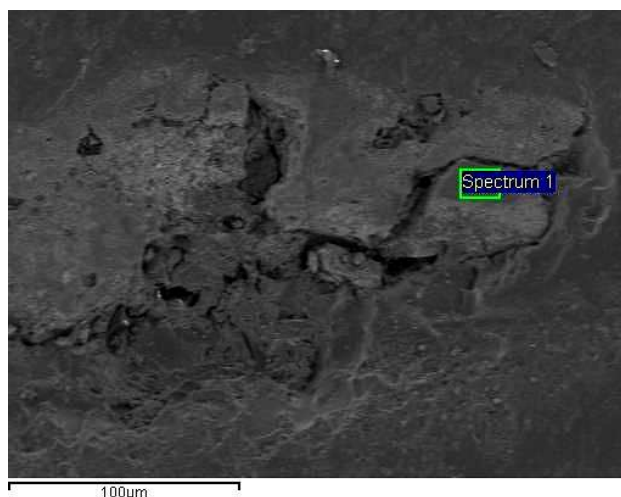
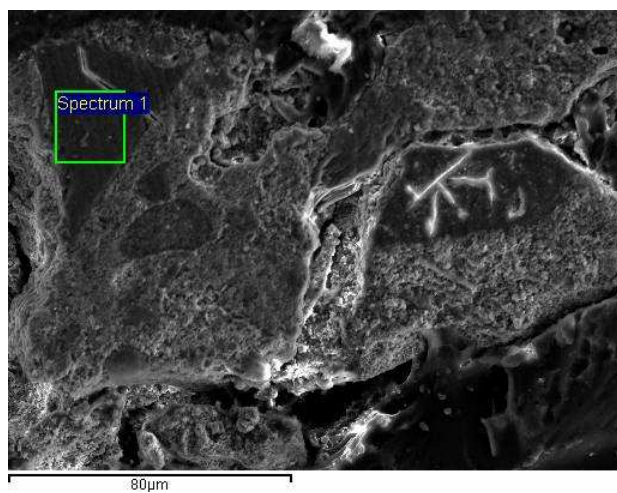
Grønn, P16a



Blå/hvit, P 17







Mapping, P26

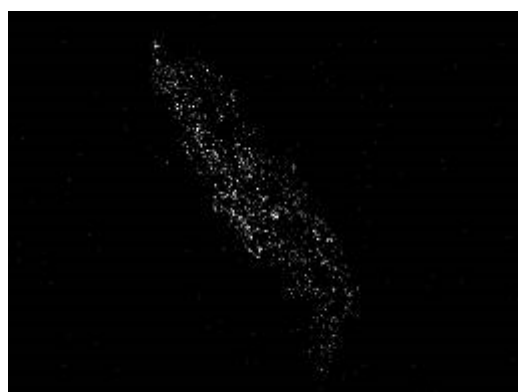
Kartlegging av grunnstoffenes distribusjon i prøven P26



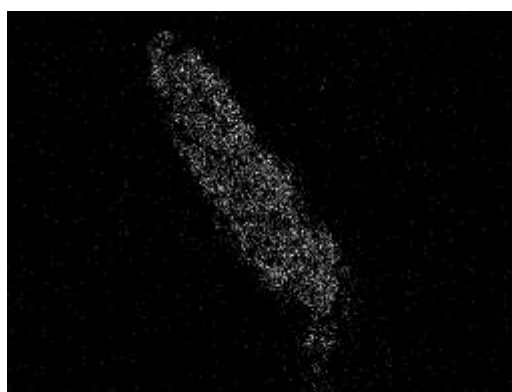
Kalsium



Aluminium



Svovel



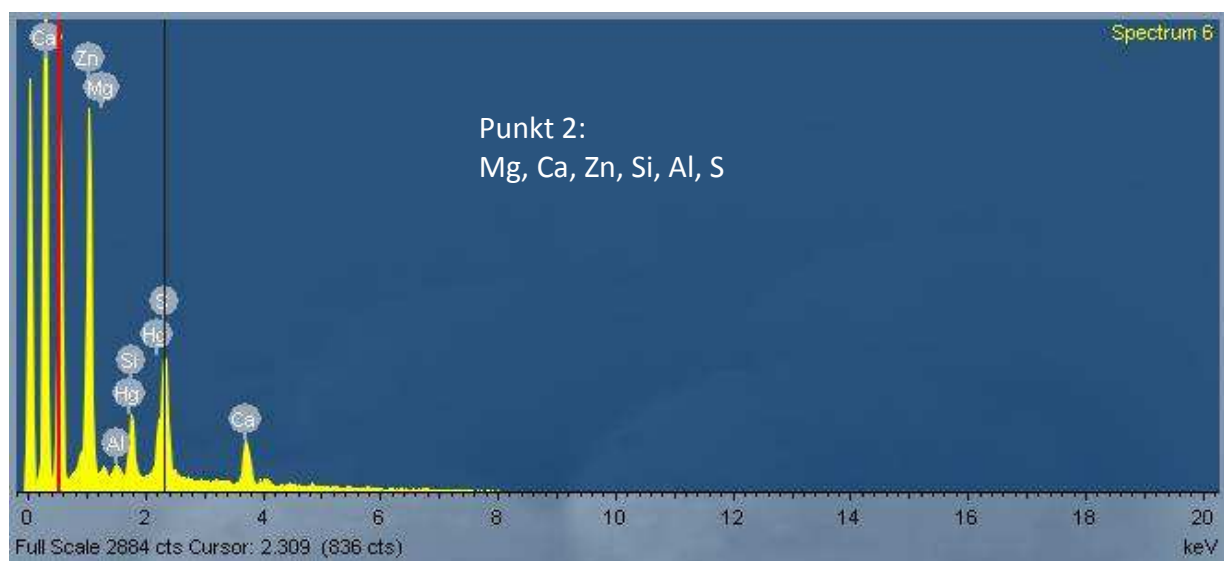
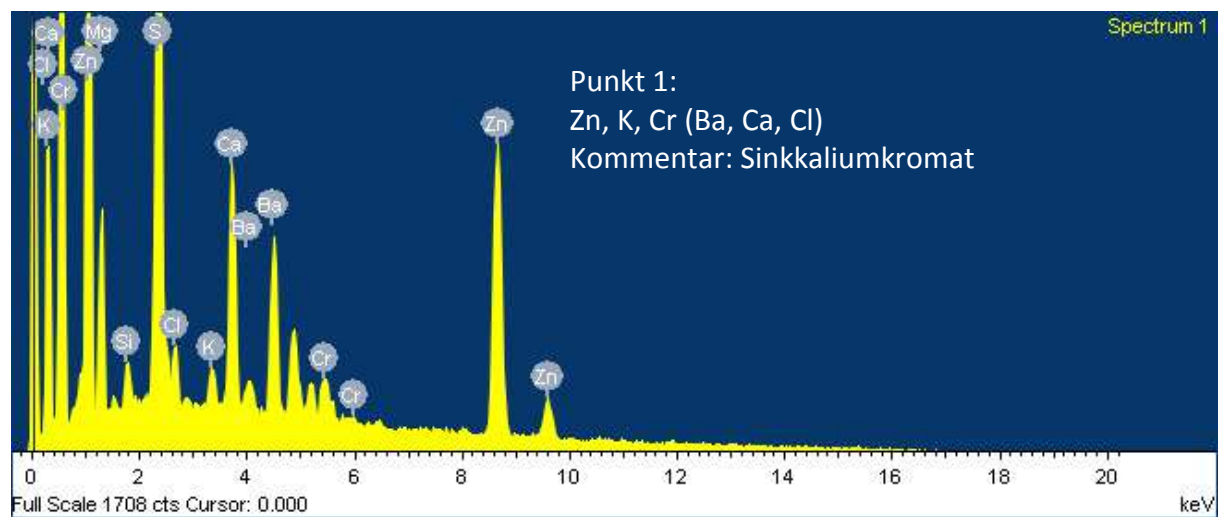
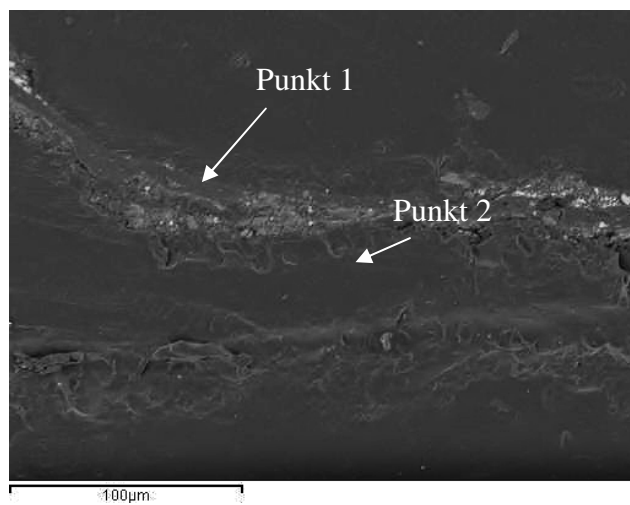
Sink



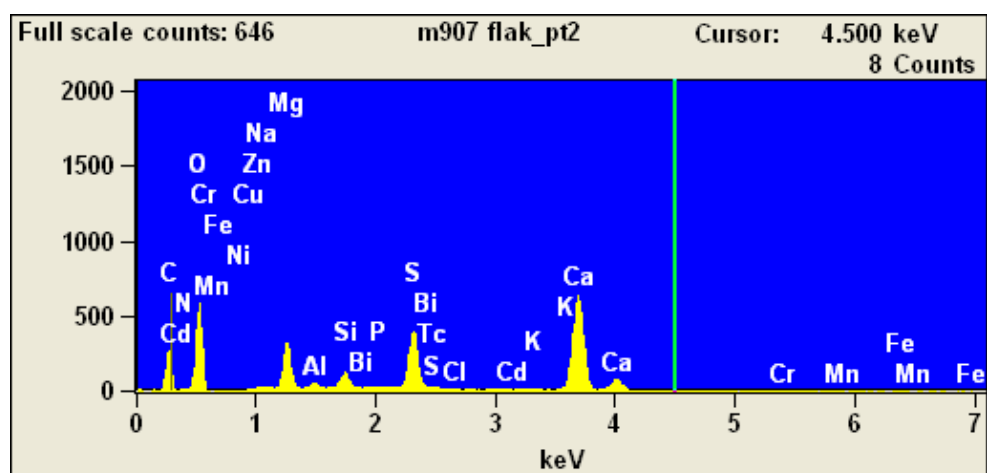
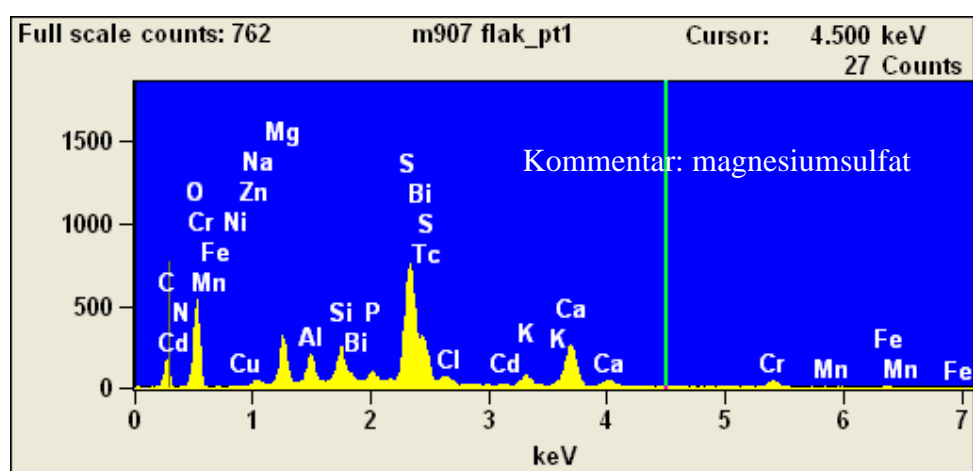
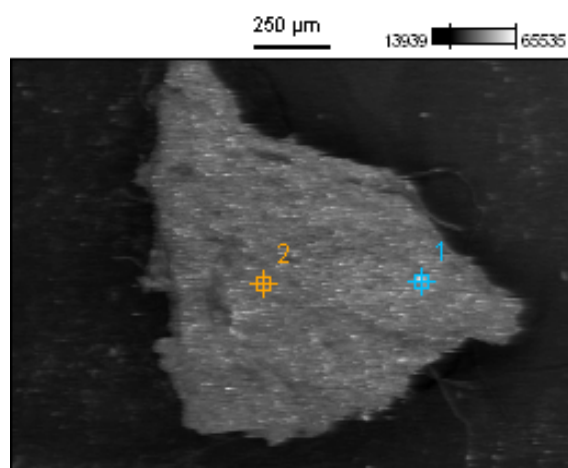
Magnesium



Silisium



P15, overflatekrystaller på malingsflak



F 10, Forskerne I

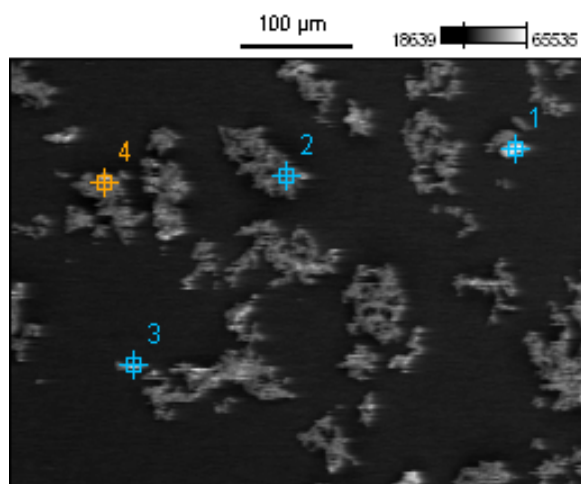
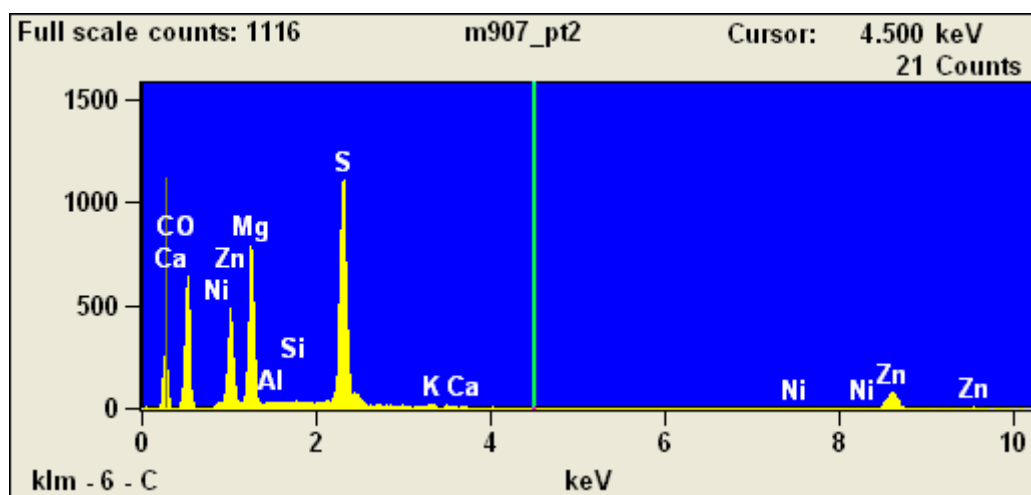
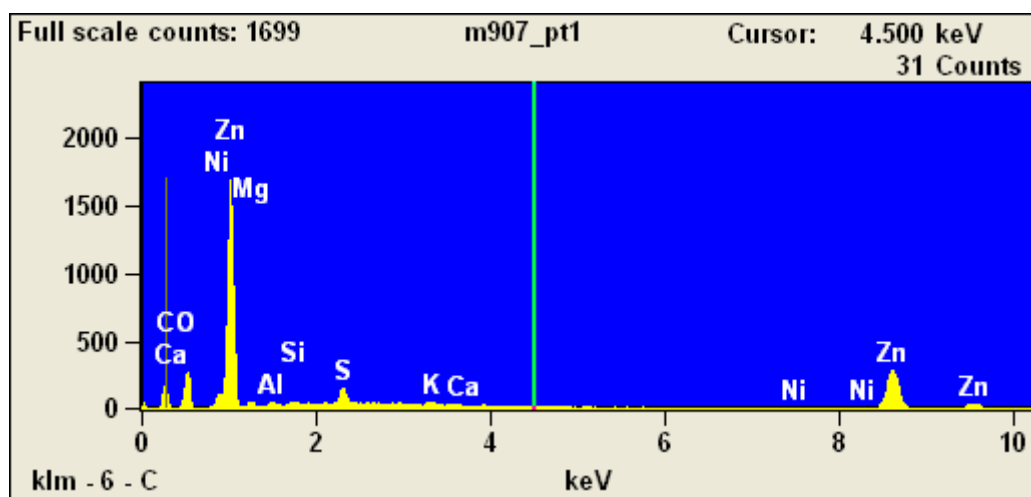
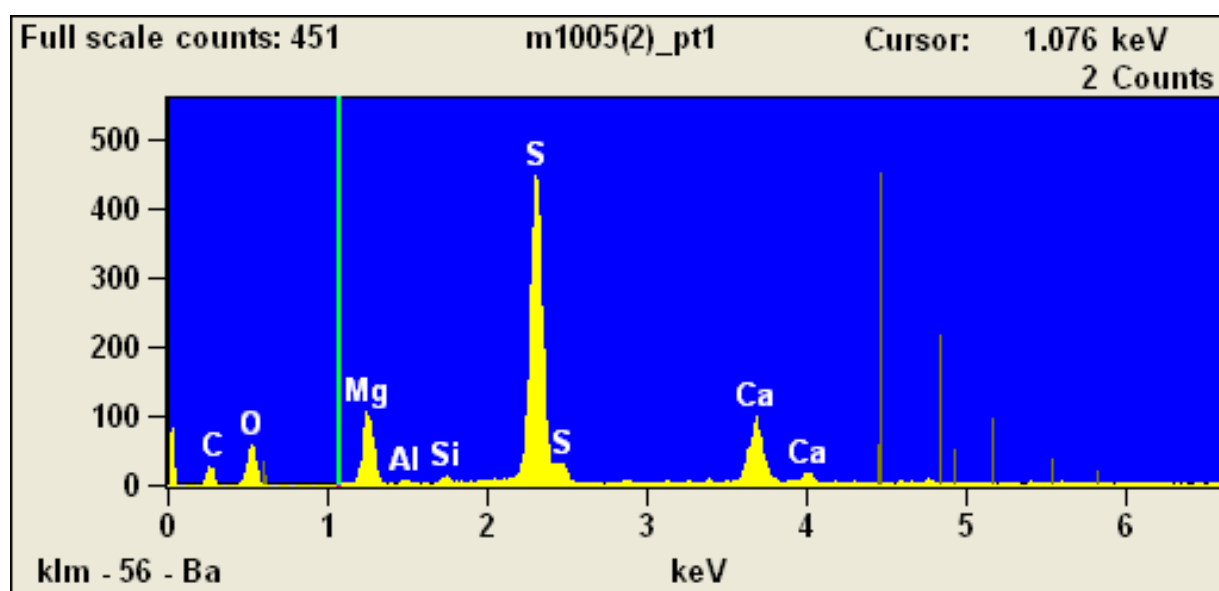
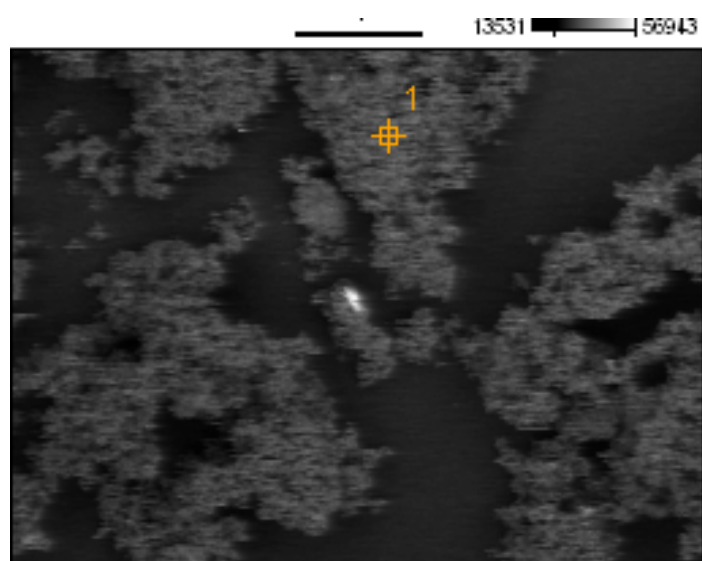


Image Name: F10, Forskerne I
Accelerating Voltage: 15.0 kV
Magnification: 200



F 11, Nakne figurer II



	<i>CO₂</i>		<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>SO₃</i>	<i>CaO</i>
<i>m1005(2)_pt1</i>	67.18	0.00	3.28	0.20	0.29	24.39	4.66

F 12, Nakne figurer II

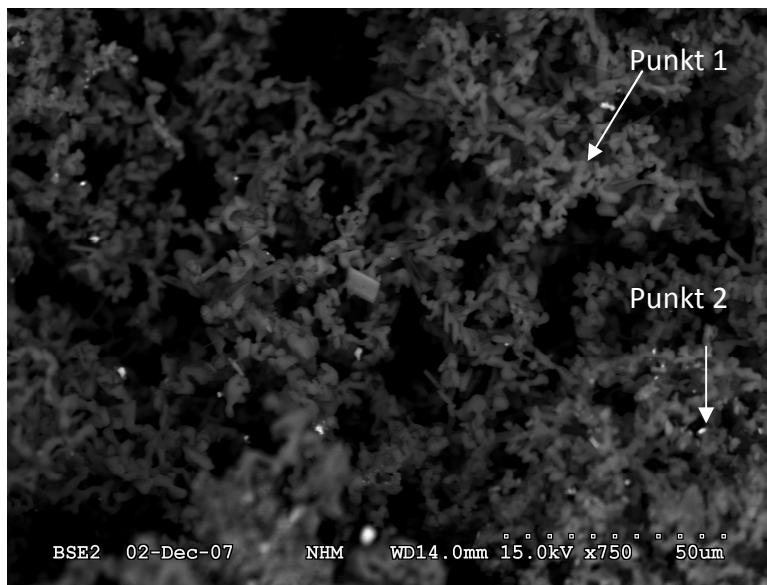
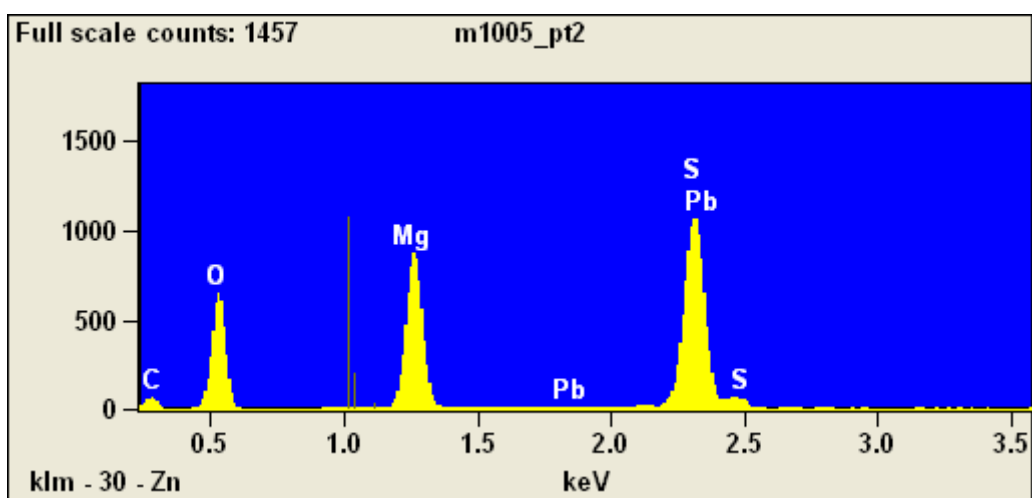
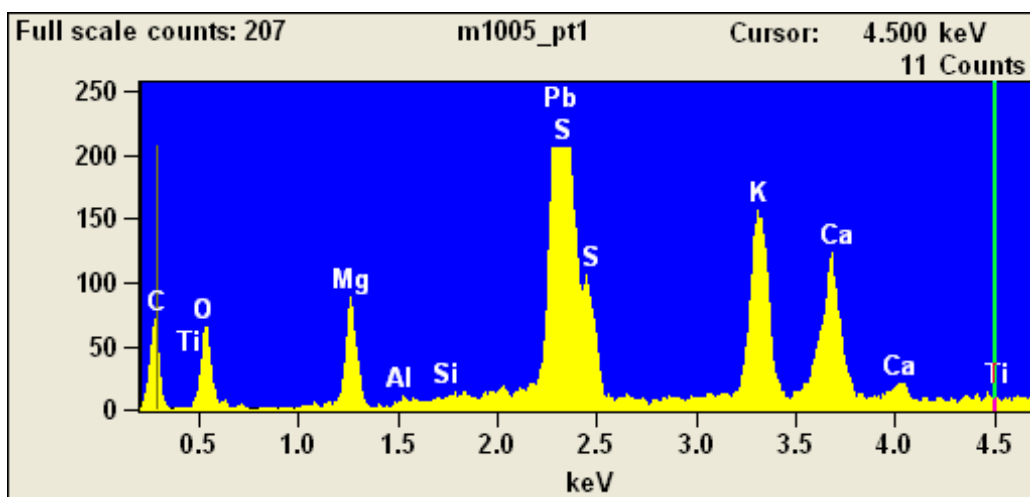
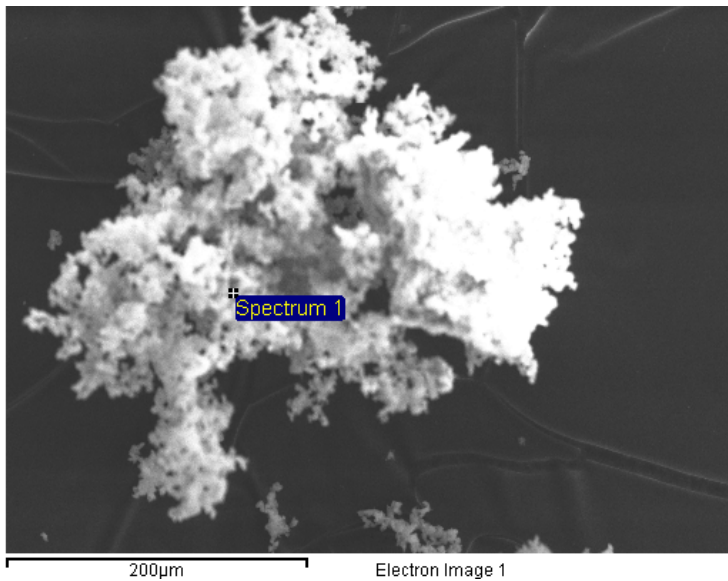


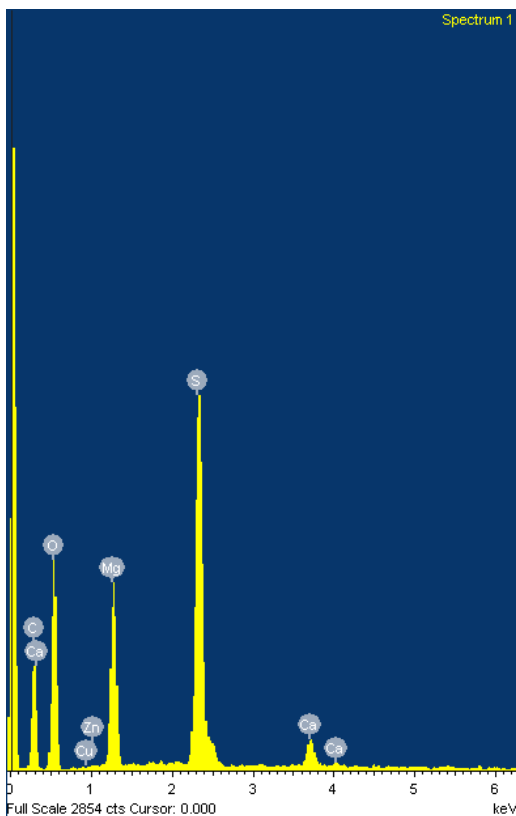
Image Name: Nakne figurer II
Accelerating Voltage: 15.0 kV
Magnification: 1500



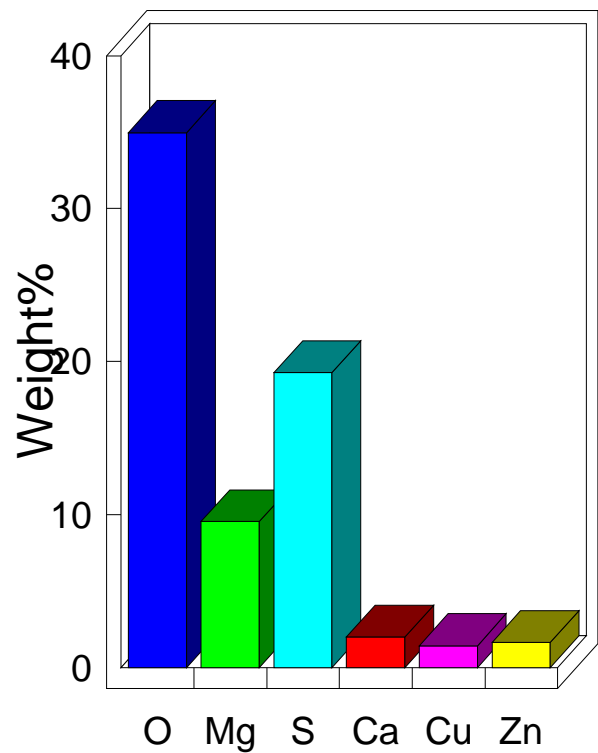
Mennesker i solen I, F13



Element	Weight %	Atomic %
O K	34.95	66.69
Mg K	9.54	11.98
S K	19.27	18.35
Ca K	2.00	1.52
Cu K	1.44	0.69
Zn K	1.64	0.77
Totals	68.85	
Element	Weight %	Atomic %
O K	34.95	66.69
Mg K	9.54	11.98
S K	19.27	18.35
Ca K	2.00	1.52
Cu K	1.44	0.69
Zn K	1.64	0.77
Totals	68.85	



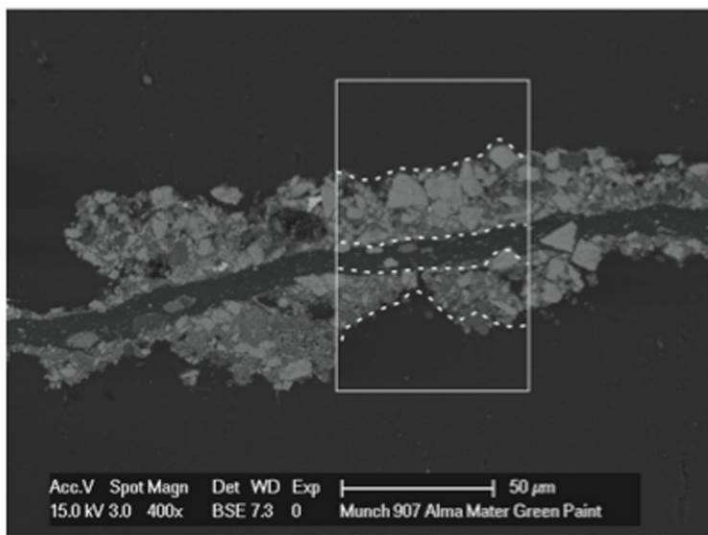
Quantitative results



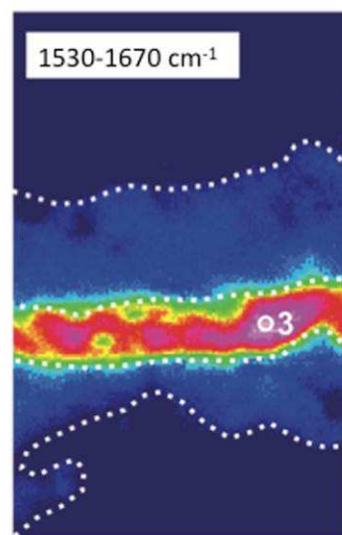
Kommentar: Magnesiumsulfat

Vedlegg 10 FTIR-ATR og FTIR-transmisjon spektrografer

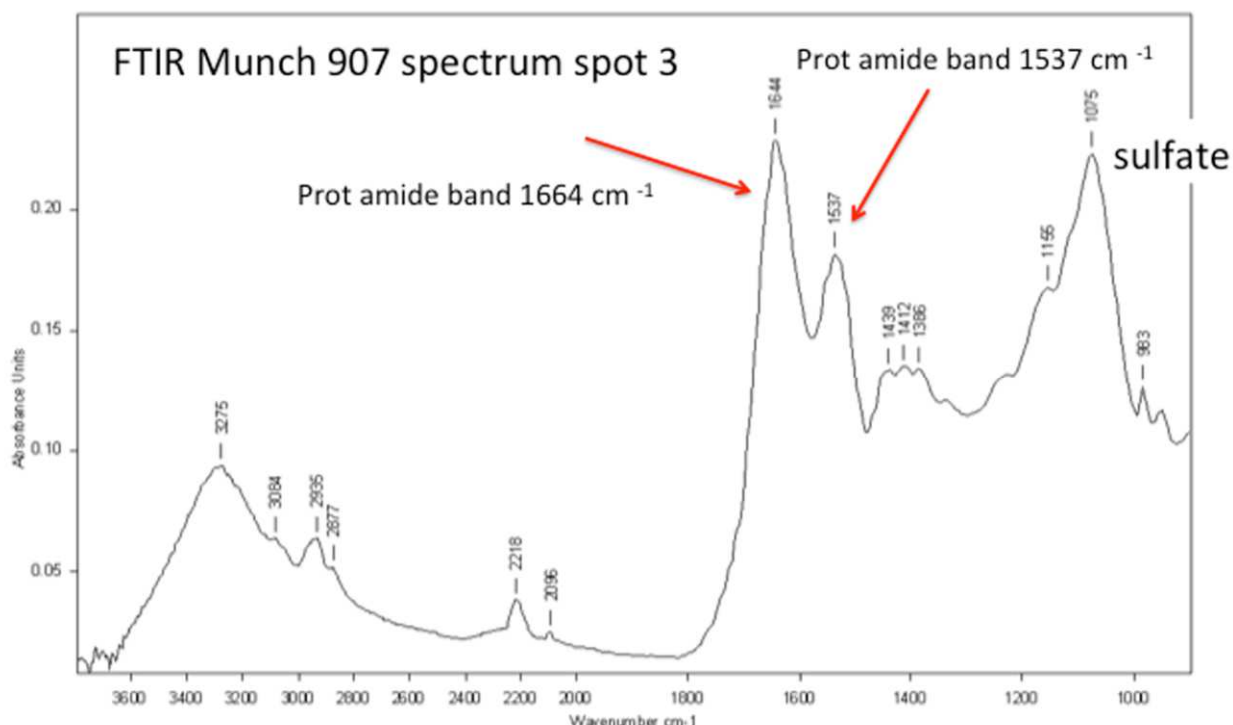
Forskerne I c P16a, grønn malingsprøve



Tverrsnitt av P16a fra SEM, de hvite brutte linjene indikerer området som ble analysert i FTIR-ATR

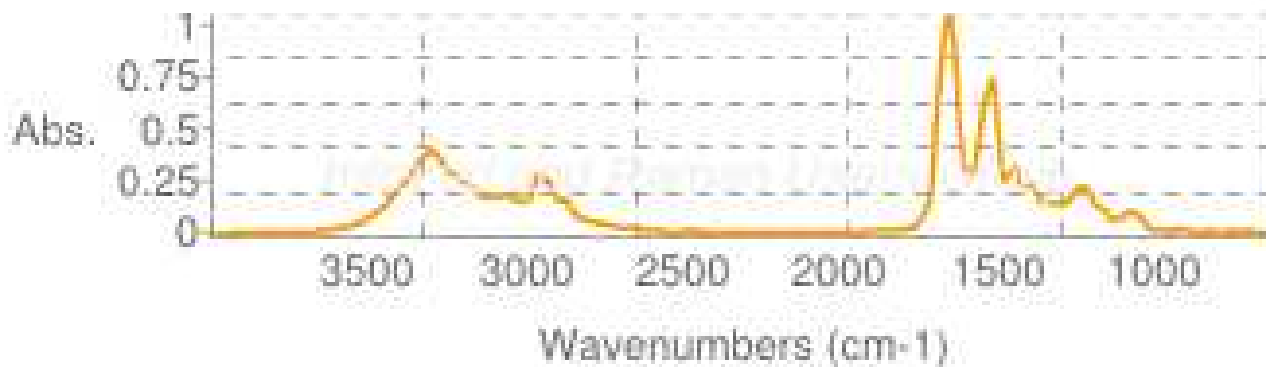


Mikro ATR-FTIR falske farger-kart som viser amide- absorpsjonen.



Ftir- spekter for P16a. Pilene viser de to amide- vibrasjonene som indikerer proteiner. Spekter for kasein i IRUG database viser sammenligningsgrunnlag

Kasein fra Bovine melk, IRUG database (www.irug.org)



IRUG Filename: IPR00026

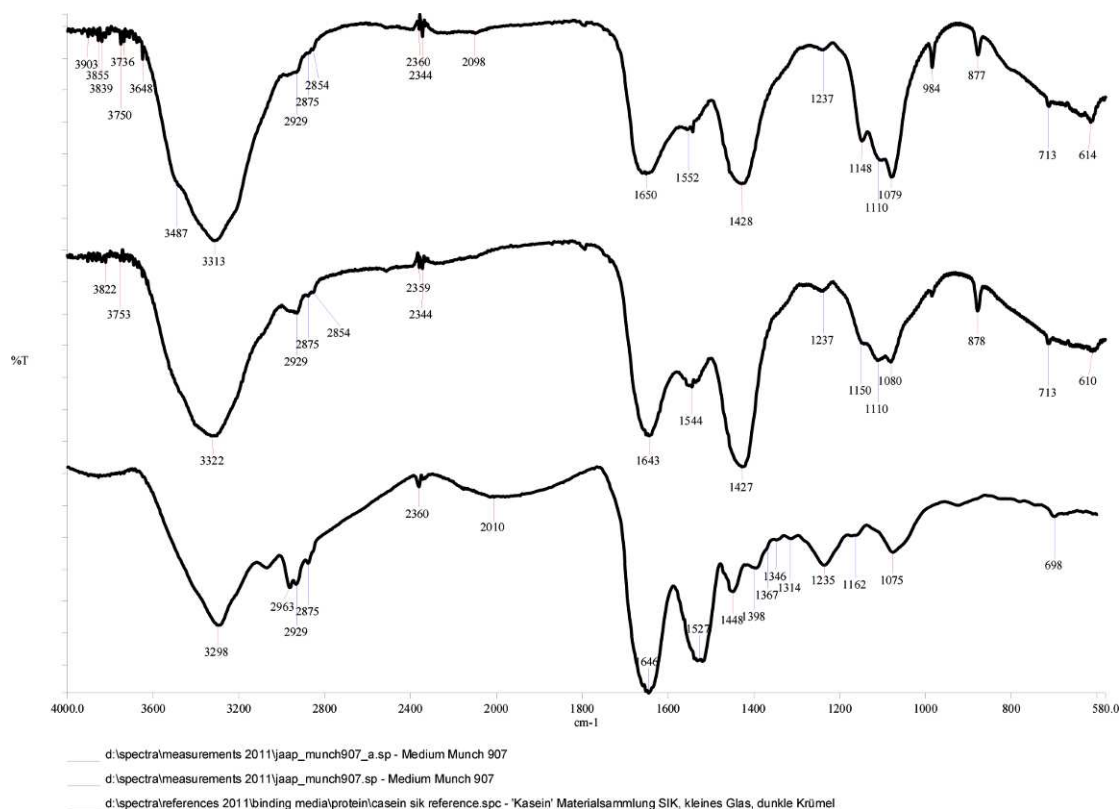
Data Type: Infrared Spectrum

Material Class: Proteinaceous materials (PR)

Common Name(s): Casein, From Bovine Milk

Institution: Philadelphia Museum of Art (PMA)

Forskerne I c P17. blå/hvit malingsprøve



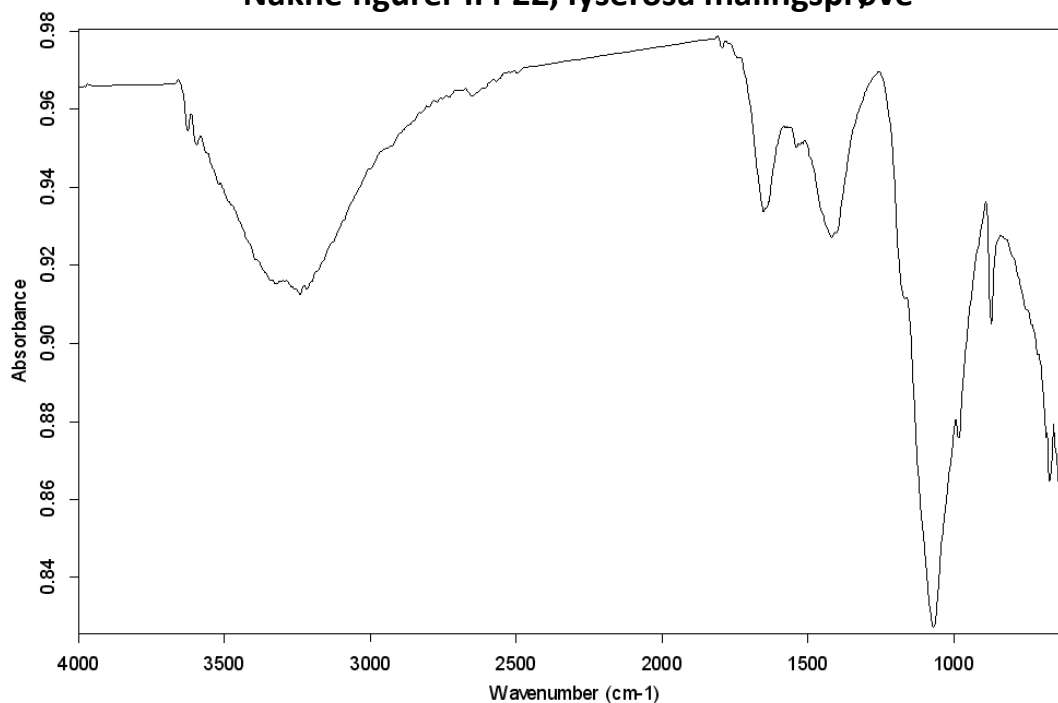
FTIR of blue particle fragment. Transmission ftir on diamond of a flattened sample show evidence for casein (strong peptide peaks and match with standard (IRUG)) and peaks for carbonate and sulphate.

Nakne figurer II P21, lysblå malingsprøve



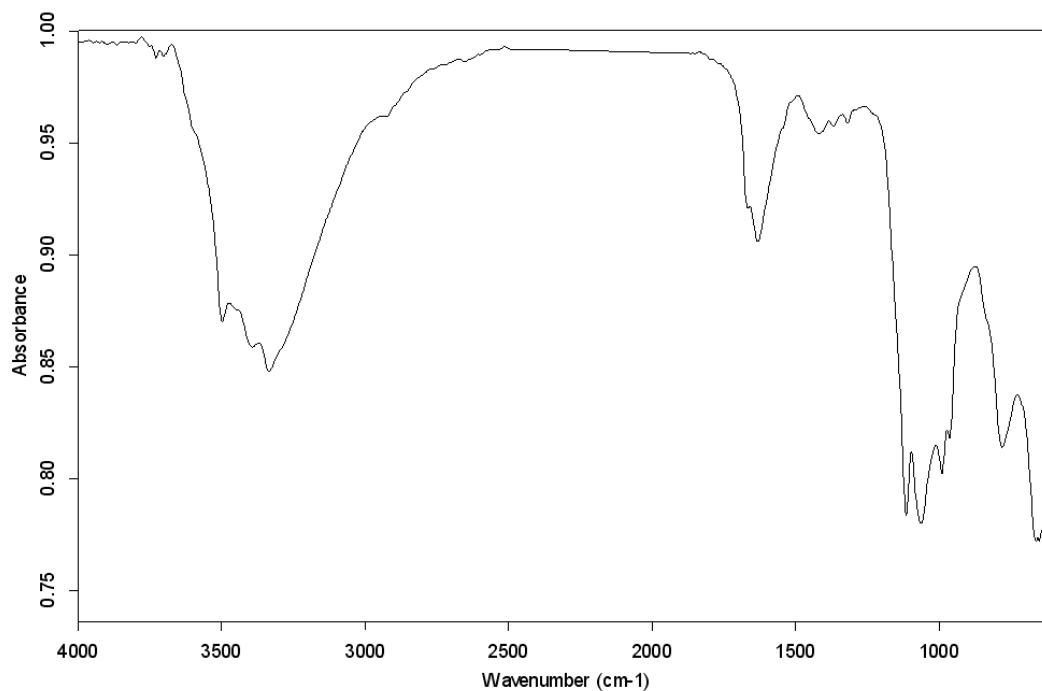
Protein, barium sulfate and calcium carbonate were identified in the sample. Proteins are identified by their amide bands. Barium sulfate exhibits a absorption band between 1050 and 1250 cm^{-1} , with three peaks in this region at 1075, 1120 and 1195 cm^{-1} . Calcium carbonate exhibits a very strong absorption band between about 1350 and 1550 cm^{-1} .

Nakne figurer II P22, lyserosa malingsprøve

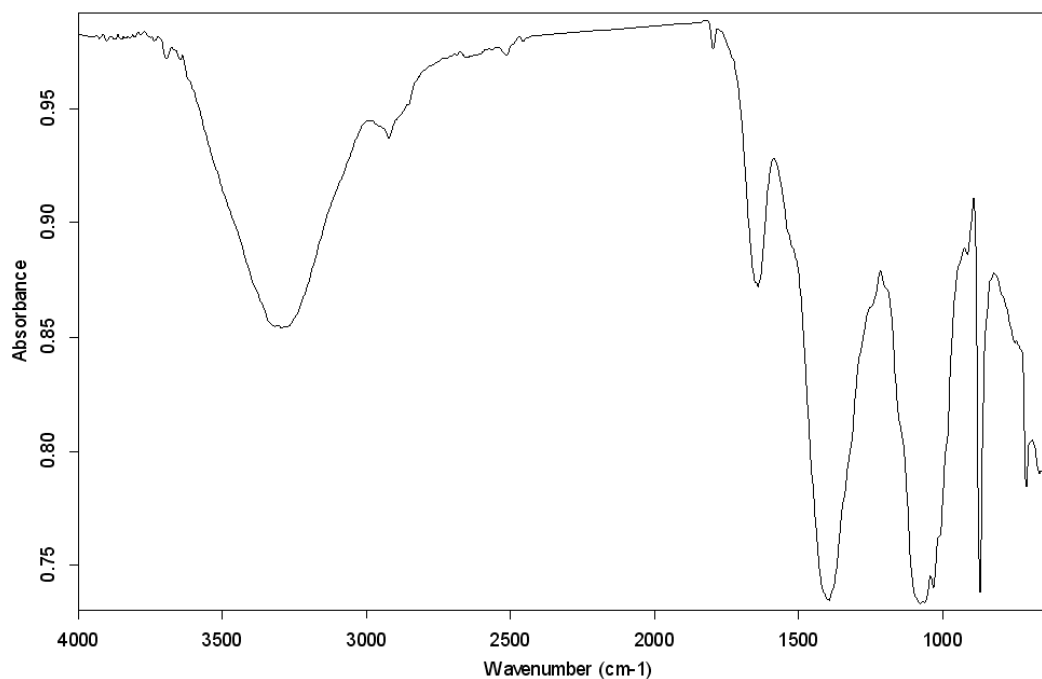


Protein, barium sulfate and calcium carbonate were identified in the sample. Proteins are identified by their amide bands. Barium sulfate also shows absorption bands at 611 and 640 cm^{-1} . In this sample the following absorption bands were identified as barium sulfate peaks, ~ 1070 and 987 cm^{-1} . Calcium carbonate exhibits a very strong absorption band between about 1350 and 1550 cm^{-1} .

FTIR-spektrum av prøve P22



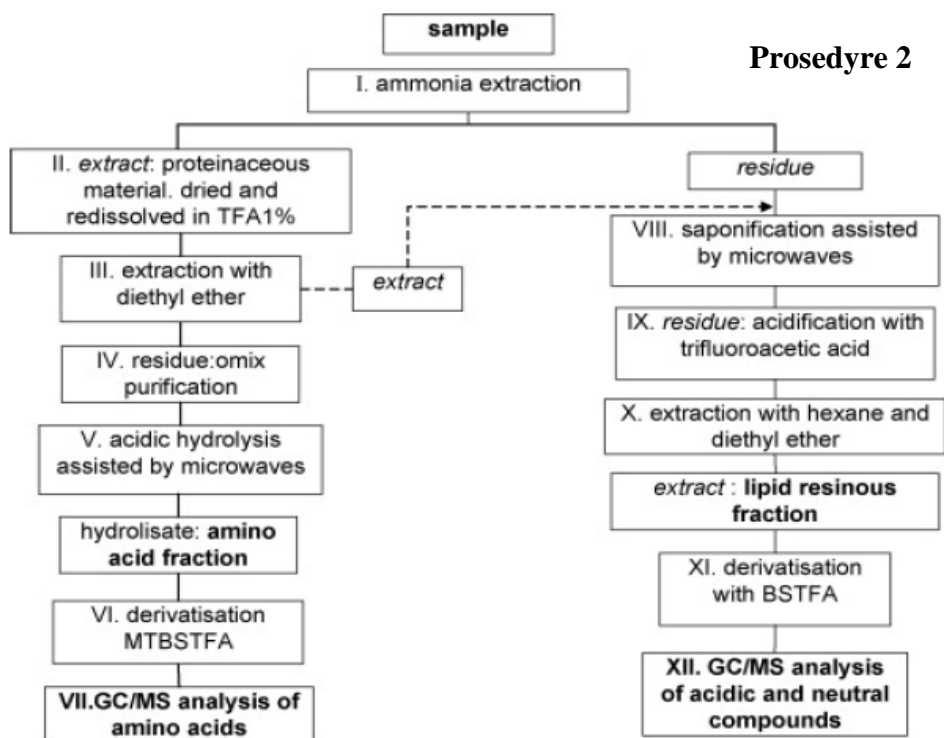
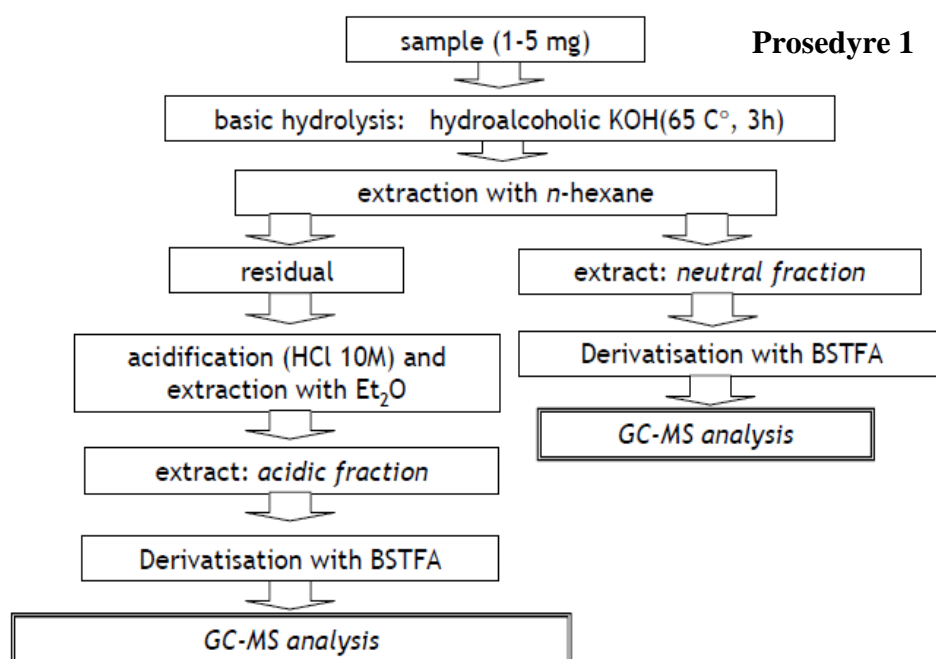
Geografi P23, hvit/semi-transparent malingsprøve



Protein, barium sulfate and calcium sulfate dihydrate were identified in the sample. Proteins are identified by their amide bands. The two amide bands are usually observed at 1660-1600 cm⁻¹ and 1565-1500 cm⁻¹ which are characteristic for proteins. It is not possible to say for certain which protein-based material is present since all proteins, albumin, egg yolk, egg white, animal glue and casein, all have N-H stretching bands and the amide bands. However, it is possible to rule out egg yolk since it has an additional absorption band at about 1740-1730 cm⁻¹.

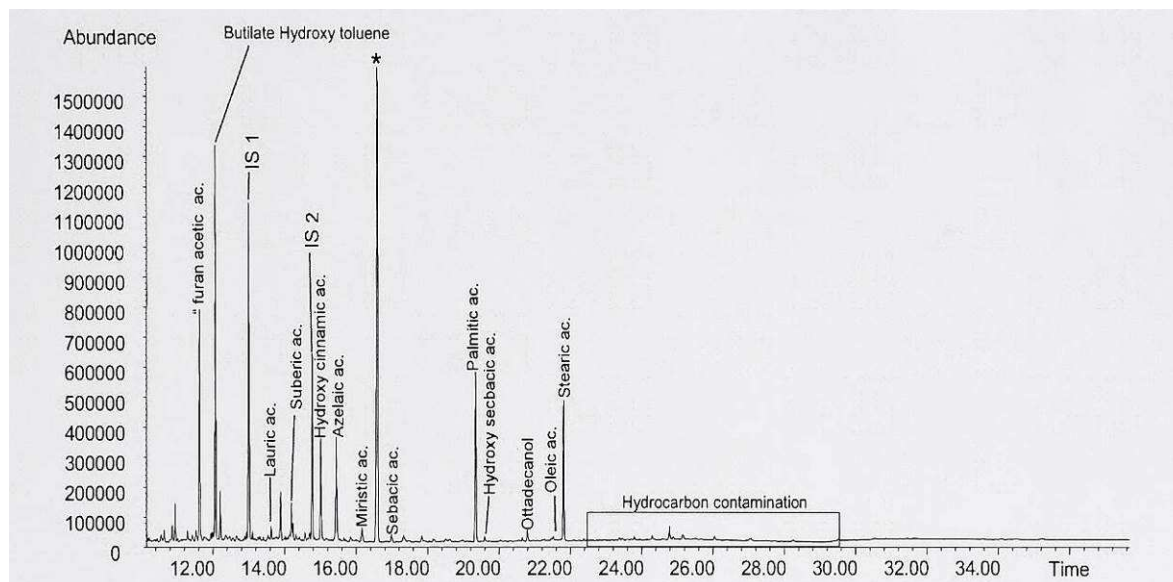
Vedlegg 11 To GK-MS prosedyrer

Two different GC/MS analytical procedures were used. In some of the samples glycerolipids (linseed oil, walnut oil, poppy seed oil, egg), natural waxes (beeswax, carnauba wax), plant resins (Pinaceae resin, mastic, dammar, sandarac) and animal resins (shellac) were characterised (Procedure 1). For some sample, according to the dimension and the type of the sample we used a more complex combined procedure allowing determining even the proteinaceous



Vedlegg 12 GK-MS-grafer

Nakne figurer II, P27, rød malingsprøve



GC/MS chromatogram of acidic and neutral fraction of Nakne figurer P27. The sample contains fatty acids and dicarboxylic acids ascribable to a drying oil, but does not contain molecular markers for pine resin or beeswax. Hydrocarbon contamination is present (long-chain linear hydrocarbons).

Oldinger i sollys, A1 og A2, fra gult tegnemedium

De to prøvene fra *Oldinger i sollys* A1 and A2 viste like kvalitative sammensetninger. Figur 1, 2 og 3 er eksempler fra resultatene fra GK-MS av prøve A1.

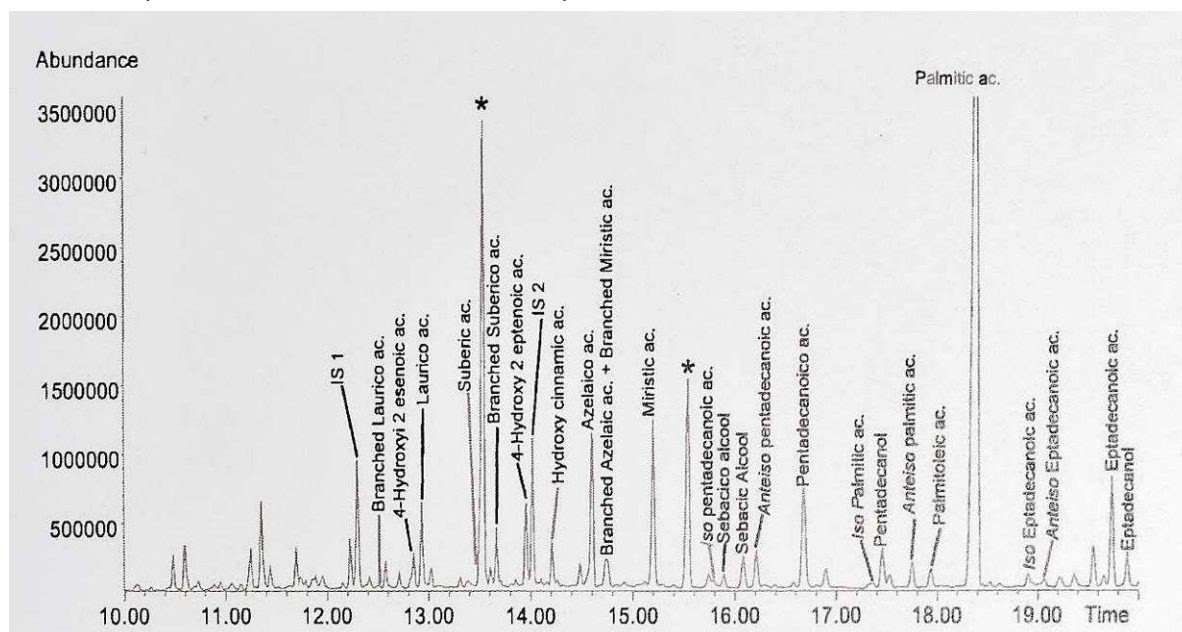


Fig1. GC/MS chromatogram of the acidic fraction of sample A1, time range 10-20 min. IS1: injection internal standard hexadecane; IS2: derivatisation internal standard tridecanoic acid. *= phthalate contamination

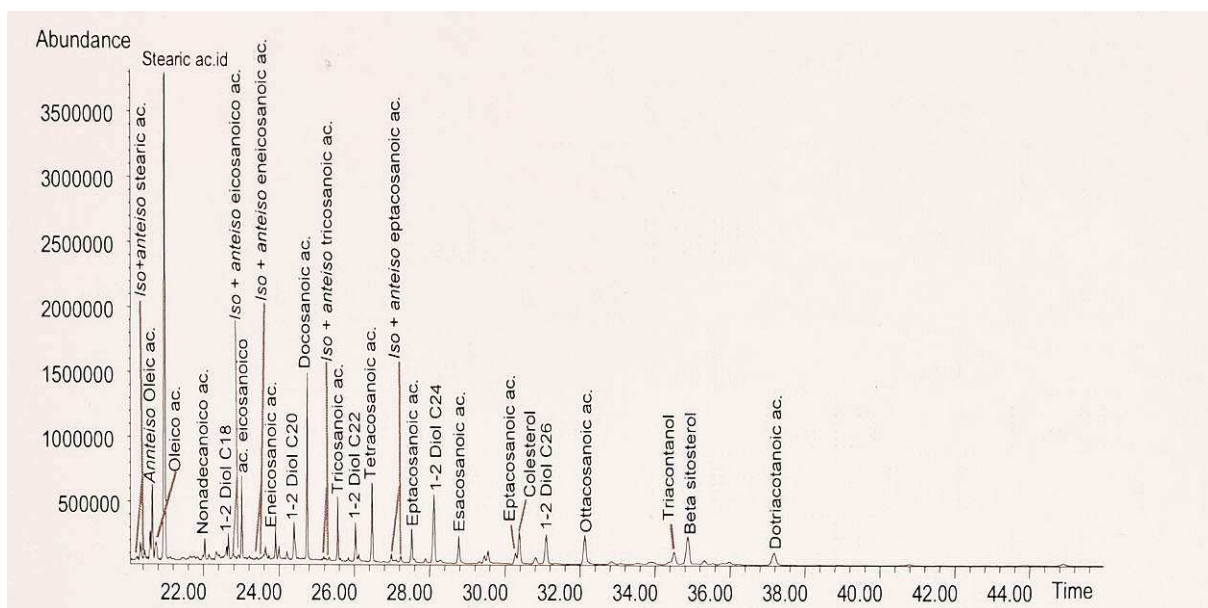


Fig. 2

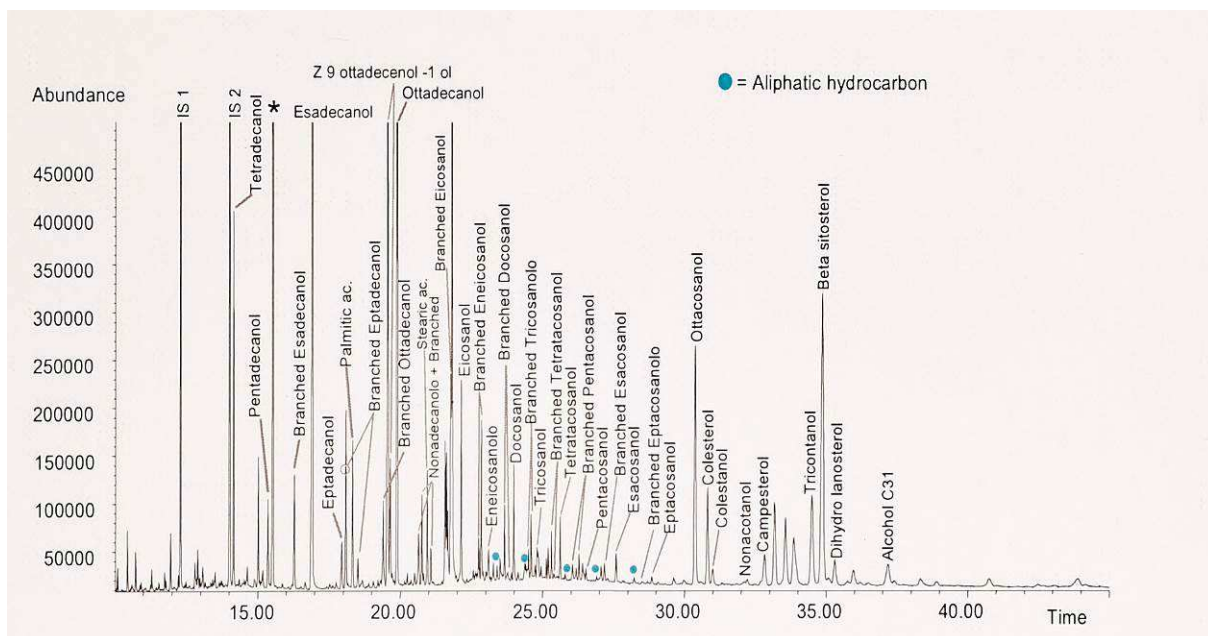
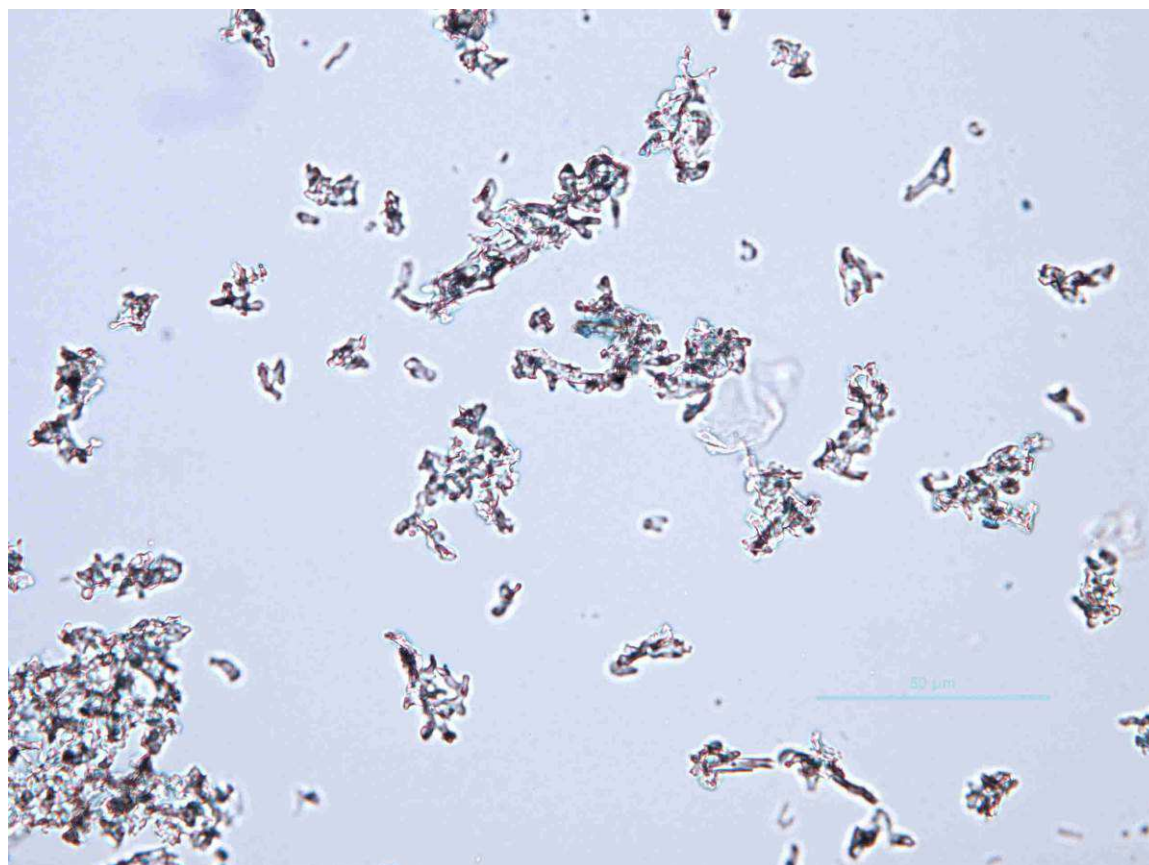


Fig. 3

Vedlegg 13 Polarisasjonsmikroskopundersøkelse (krystaller)

Krystaller fra Forskerne I, F01.

Analysene ble utført med hjelp fra Mie Mustad



Observasjoner gjort med planpolarisert lys:

Partiklene (krystallene) er utfelte- ser ut som de har vokst (ikke skår og har varierende størrelser, som når man river et pigment).

Generelt jevn størrelse på krystallene (selv om noen "grener" er lengre enn andre).

Fargeløse, gjennomsiktige.

Relativt høyt relieff (dvs. at vi ser skyggekant rundt krystallen)

Med Chelsea filter så vi ingen endring av fargen.

Observasjoner gjort med krysspolarisert lys:

Anisotropiske (de "skinner")

Ikke interferensfarger (det så kun hvitt og lyst ut). Mulig dette er første orden Newtons skala.

Parallell utslukning under kryssede polarer.

Observasjoner gjort med kryssede polarer "red plate":

De lange partiklene var "length slow" (dvs. at krystallene ble blå når de lå med orientering mellom syd-vest/nord-øst).

Vedlegg 14 Fettsyreutfellinger og metallsåper i malerier og andre materialer

Voksskulpturer, lær og tegnemedier på papir

Hvite overflatefenomener i form av krystallinsk materiale på voksartefakter eller etnografisk materiale som har voksede eller oljede overflater, er kjente problemstillinger. Ellen Pearlstein undersøkte en gruppe maliske treskulpturer i samlingen ved Metropolitan Museum of Art i New York (Pearlstein 1986) som var dekket av hvite krystaller som hun kalte *white bloom* (Pearlstein 1986: 83). Skulpturene var overflatebehandlet med ulike vegetative fett og oljer i henhold til maliske tradisjoner, og noe voks var påført i restaureringsøyemed. Tidligere hypoteser og feilaktige forslag hadde antatt at de ukjente hvite overflatefenomenene var mugg. Pearlsteins hypoteser ble styrket ved infrarøde spektra som viste at krystallene var migrerte fettsyrer. Pearlstein forklarer at voks og fett gjennomgår polymorfisme,¹⁸² som forårsaker utfellingene og betyr at samme materiale kan etablere ulike former for krystaller (Ibid:87).¹⁸³ Det er temperaturforholdene som forårsaker voksens og fettets dannelse av krystaller/polymorfer (Ibid: 87-89).

Syv år etter Pearlstein publiserte C. Harley en kortfattet artikkel i 1993. Artikkelen beskriver undersøkelser av utfellinger på en viktoriansk voksskulptur fra 1850 (Harley 1993). Harley referer først til en undersøkelse av en voksbyste, *Head of a Girl* fra 1921, tilhørende Tate Galleriet. Hele Tate-bysten var dekket av et ensartet lag av hvite krystaller. Gasskromatografi-massespektrometer (GK-MS) gav belegg for at krystallene besto av frie fettsyrer (palmitin- og stearinsyrer) (ibid: 63). Den viktorianske skulpturen, som Harley undersøkte, hadde tydelige varmeskader på den ene siden. To ulike typer krystaller ble observert. I følge Harley, kunne det tilskrives polymorfisme som voksen hadde gjennomgått ved store temperaturforandringer (Harley 1993: 64). Harley forklarer at temperaturforhøyninger gjør at voksmolekyler kan pakke seg tettere sammen, Harley skriver at da får de frie fettsyrene mer plass til bevegelse inne i voksen (ibid). Temperaturforandringer forårsaker krystallisering ved å gjøre det lettere for fettsyrene å emigrere (ibid: 64). Prøver fra de to krystallformene ble analysert i FTIR. Krystallformenenes infrarøde spektra viste seg å være forholdsvis like og representative for fettsyrer. Små ulikheter i spektraene kan, i følge Harley, tyde på at krystallene er av samme materiale, men i ulike stadium av krystalliseringsprosessen (Harley 1993: 65).

Ad Stijnman har publisert en artikkel i *Papier Restaurierung* som omhandler oljebasert trykkblekk på papir (Stijnman 2000). Stijnman redegjør kort for utfellingsfenomen på papirgrafikk. Han tilkjenner liten kompetanse på området; han refererte til Ruth Schmutzler som hadde observert blekk dekket av hvite krystaller. Stijnman kaller fenomenet *blanching*, men skriver at det ofte også kalles *blooming* (ibid: 67). Stijnman presiserer også at utfellingsmateriale i blekk ikke må forveksles med mugg. Blekk kan fremstilles med store mengder lavviskøs ferniss og også med rå oljer (ibid). I følge Stijnman består

¹⁸² Polymorfisme er når det finnes to eller flere ulike former for individer innenfor samme art.

¹⁸³ Se også Mills og White (1994) om kjemiske forandringer i fett, s 35.

utfellingsfenomener, som kan oppstå på tykke lag av blekk, av frie fettsyrer som har migrert fra blekket (ibid: 67).

Utført behandling

I følge Pearlstein har metoden for fjerning av hvite overflatefenomen på voks eller oljede/fettbehandlede overflater vært konsentrert rundt bruk av organiske løsningsmidler (Pearlstein 1986: 89). For eksempel skriver Neil Trinder at han renset vannskadede stoler som var voksbehandlet: Overflatefenomenene ble renset med white spirit blandet med 10 % denaturert sprit (Trinder 1987). Imidlertid, antyder Pearlstein kompleksiteten ved behandling når hun skriver at for å få bukt med hvite overflatefenomener må materialene/faktorene som forårsaker dette fjernes (Pearlstein 1986: 89).

Hvite overflatefenomener i lær

Overflatefenomener i lær er også et velkjent problemområde. Jean S. Gottlieb hadde deltatt i et toårig undersøkelsesprosjekt av hvite overflatefenomener på lær fra bokinnbindinger før-1850 (Gottlieb 1982). Bøkene tilhørte spesialsamlingen ved Joseph Regenstein Library (Universitetet i Chicago). Gottlieb bruker termen *whitish bloom* for å beskrive fenomenet. Flere av de nevnte innbindingene hadde blitt behandlet med kaliumlaktat¹⁸⁴ og lanolin¹⁸⁵ de siste 25 årene. Prøver av de hvite overflatefenomenene ble analysert med Nuclear Magnetisk Resonans (NMR).¹⁸⁶ Laktater ble identifisert og Gottlieb presenterte hypoteser på bakgrunn av analysene: Han mente at salt av laktatsyre (2-hydroksypropansyre; melkesyre) alltid er tilstedeværende i garvet lær og kan emigrere som respons på klimatiske variasjoner. Laktater kan også stamme fra rester etter materiale som har blitt påført læret, for eksempel kaliumlaktat (Gottlieb 1982: 37).

Omfattende overflatefenomen har også blitt funnet på nyere lærinnbundne bøker fra MoMA i New York (*Death of a Salesman* av Arthur Miller (1949)). Eugenea Ordonez og John Twilley undersøkte det hvite overflatefenomenet med FTIR og fant utelukkende frie fettsyrer (Ordonez og Twilley 1998: 3).

I Guild of Book Workers Newsletter 1996 er kommentarer fra William McLean gjengitt.¹⁸⁷ Temaet for kommentarene/artikkelen er utfellingsproblematikk på lær, *bloom on leather* (Guild of book workers). *Bloom* blir beskrevet som et hvitt pulvermateriale som i noen tilfeller deponeres på overflatene til bokbindinger av lær. McLean mener krystallinske overflatefenomen i fagmiljøet rundt lær blir navngitt "*spues*".¹⁸⁸ Lær er et hygroskopisk materiale og McLean tilkjenner svigninger i temperatur og relativ luftfuktighet, som de viktigste årsakene til overflatefenomen i lær. McLean deler *bloom* inn i salt- og fettutfellinger. Metallsåper kan også dannes når visse metallsammensetninger reagerer med oljer i læret (McLean 1996).

¹⁸⁴ Kaliumlaktat er salt av melkesyre.

¹⁸⁵ Lanolin blir utvunnet av saueull, det er en blanding av etere, fettsyrer og høye alkoholer, som kolesterol.

¹⁸⁶ NMR brukes for å bestemme struktur i molekyler (organisk kjemi).

¹⁸⁷ McLean var leder for the Hewit's Tannery of Edinburgh fra 1975-2004.

¹⁸⁸ Termen "*spues*" kan antakeligvis oversettes med utfelling? Engelsk-Norsk teknisk ordbok hadde ingen oversettelse for termen. Kan også være en arkaisk form for *spew*, som betyr noe som spys ut. Antageligvis er ikke miljøet rundt Guild of Book Workers tilknyttet konserveringsfagmiljøet, og har derfor muligens en annen terminologi.

Utført behandling

I kommentarene nevnte McLean kortfattet behandlingsmetoder for fjerning av overflatefenomener på lær; vannløselige saltutfellinger kunne enkelt tørkes bort. Fettutfellinger kunne fjernes med laktatsyre, men det var ofte nødvendig å supplere med organiske løsningsmidler. Å fjerne metallsåper kunne kreve bruk av syrer, som kunne skade læret. McLean anbefalte å prøve isopropyl alkohol som kan hjelpe på noen typer metallsåper. I likhet med andre forfattere mente imidlertid, McLean at overflatefenomener er et tilbakevendende fenomen.

Williams forsøker også i sin artikkel å forklare fenomenet som kan oppstå når malerier er glasset (Williams 1988). Han bruker uttrykket *transferred images* for hvite overflatefenomener som oppstår på innsiden av glass. Det har ofte vist seg i sammenheng med *bloom* på overflaten av maleriene. I følge Williams, har analyser av utfellingsmateriale på glass vist at det som oftest er sammensetninger av fett eller voksaktige organiske ketoner, syrer og karboksylatsåper. Williams benyttet FTIR og Differensielt Skanning Kolometri (DSC) og *hot stage* mikroskopi til analyser av de ulike maleriene (ibid: 72). Williams foreslo at overflatefenomenene er oksideringsmaterialer fra oljebindemidlet i oljefargene som emigrerer fra mediet. Han diskuterte kondensreaksjoner med glasset som mulige årsaksforklaringer til dannelsen av karboksylatsåpe på glasset (ibid: 70, 72). Williams referer også til to kjemikere fra ferniss- og malingsindustrien, som rundt 1945 definerte et overflatefenomen som de kalte *syneresis bloom* (Williams 1988). *Syneresis bloom* blir definert som et hvitt overflatemateriale på en malingsfilm som krymper under herding (*curing*) eller når den avgir vann til omgivelsene (ibid: 71).

I forbindelser med *transferred images* skriver også Stefan Michalski at utfellingsmaterialet ofte har store mengder palmitinsyre, det er fordi kokepunktet for palmitinsyre er lavere enn for eksempel stearinsyrer (Michalski 1990: 89). Derfor emigrerer palmitinsyre lettere ut av malingsfilmene (Williams 1989; Michalski 1990: 89).

Michael Schilling, David Carson og Herant Kahnjan bruker termen *Ghost Images* for å beskrive utfellingsfenomen på malerier rammet inn med glass (Schilling, Carson & Kahjan 1998). Deres undersøkelser har vist at sent tørkende oljefarger hadde tendenser til kraftigere utbrudd av *Ghost Images*, enn hurtigtørkende. Det kan i følge dem refereres til varierende grad av hydrolyse i olje-triglyserider (ibid: 5).

Aviva Burnstock, Melania Caldwell og Marianne Odlyha skriver om undersøkelser rundt det de kaller *blanching* på Stanley Spencers malerier i Sandham Memorial Kapell (Burnstock *et al.* 1990). De referer også til at det er bekreftet, eller på noen malerier antatt, at samme overflatefenomen finnes på til sammen syv andre malerier malt av Spencer. De sist nevnte tilhører Tate Galleriet. Forfatterne legger Spencers bruk av tynne mediumfattige malingsstrøk og bruk av mer mediumrik maling over tørre strøk som hovedgrunn for overflatefenomenene (Burnstock *et. al* 1990). De registrerte også at det var betydelig større mengder *blanching* i de tynneste malingsstrøkene og begrensede mengder i tykkere områder (ibid: 232).

De første mikroskopbilder av metallsåper i tverrsnitt fra malingslag ble første gang publisert i 1999 av Maurithuis Museum (Nobel og Wadum 1999). Jørgen Wadum ledet konserveringsprosjektet av Rembrandts *Nicolas Tupl's Anatomy Lesson*. De fant overflatekratere som var forårsaket av blysåpeutfellinger. De mente at blysåpeutfellinger som tidligere hadde blitt antatt som blant annet renseskader måtte revurderes, og blysåpeutfellinger ble antatt som et vanlig fenomen i mange hollandske 1600-talls malerier (ibid: 57).

Vedlegg 15 Transkribert intervju av Thurmann-Moe

Tema: Konservering av Munchs malerier og skisser på Ekely og i Munch-museet.

Utført: 28.3.2008, Munch-museet

E.G.S: Erika Gohde Sandbakken

J.TM: Jan Thurmann-Moe

1. EGS: Når begynte du å jobbe med Munchs malerier?

J.TM: Jeg begynte i januar 1950 på Ekely

2. EGS: Hvem ledet konserveringsarbeidet når du begynte?

J.TM: Dørje Haug fra Nasjonal Galleriet ledet arbeidet

3. EGS: Husker du hvor mange dere var som jobbet med behandling av Munchs bilder på Ekely?

J.TM: Det var varierende, men jeg jobbet mye alene der, noen ganger to tre andre

4. EGS: Husker du om det var noen retningslinjer fra kommunen i forhold til hva eller hvor mye som skulle gjøres med maleriene?

J.TM: Nei det var det ikke, alt kom fra Dørje Haug

5. EGS: Hvordan var arbeidet organisert?

J.TM: Det ble ikke organisert, eller det ble organisert av meg selv, jeg var bare alene

6. EGS: Husker du hva slags behandling dere utførte?

J.TM: Du vet jeg var jo alene, og det var jo ikke mye jeg fikk gjort. Det var mange utstillinger også. Så fikk jeg etterhvert forsket litt på teknikk og sånt.

7. EGS: Var det noen endring i arbeidet som ble gjort etter at Munch-museet åpnet?

J.TM: Ja, først da fikk jeg anledning til å se mer på materialer og forske på Munchs hestekur

8. EGS: Jeg har forstått det som at det ble en mer restriktiv behandlingsstrategi etter 1980-tallet. Husker du hva som ledet eller inspirerte til det?

J.TM: Til da hadde jeg fått forsket på hestekuren, da jeg begynte hadde jeg ingen greie på malerier, jeg visste knapt hvem Munch var da jeg begynte på Ekely. Men jeg snakket jo med mange konservatorer på alle reisene mine, utstillinger og slikt. Så hestekuren ble viktig. Dere må ikke gjøre noe med Hestekuren, det er viktig, det var jo slik Munch ville det, det var jo en del av skapelsen, nedbrytningen, kan du si.

9. EGS: Jeg har forstått det som at frem til ca. 1990 så var ikke konserveringen en egen avdeling? Hvor detaljert ble arbeidet dere gjorde styrt av kunsthistorikere eller ledelsen?

J.TM: Vi flyttet jo inn i 1963, det ble ingen forandring. Eller jo, jeg mistet jo fotoavdelingen. Det var Pål Hougén, han skulle ha så mange foto, så det ble ikke tid til fotografering for meg.

10. EGS: Når det gjelder aulaskissene til Munch, husker du noe om behandling av disse, jeg tenker på både de små og store?

J.TM: Nei, det ble ikke gjort noe med dem, det var ikke tid.

11. EGS: Men dere spent jo opp mange av dem på blindrammer?

J.TM.: Ja, vi byttet ut gamle blindrammer med nye

12. EGS: Men flere av aulaskissen var jo ikke spent opp fra før? Eller var de det? Var ikke mange av dem på rull og kan noen ha vært i kasser/esker

J.TM: Ja, du vet mange ble tatt av blindrammen og lagt i kasser før, eller under krigen, for at de skulle fraktes til tryggere sted. Å jo mange lå på store ruller, noen små også. Det kan ha vært skisser i kassene også.

13. EGS: Når man undersøker de skissene som fremdeles er rullet opp har lerretene flere brettmerker og er skrukkete eller har folder. Skissene som ble spent opp har ingen tegn til at de har hatt slike merker. Kan det være at noen av skissene ble planert, for eksempel med fuktighet før de ble spent opp?

J.TM: Nei, ingen ble planert, vi eller jeg hadde ikke tid til det. Det var jo så mange malerier som det skulle ordnes med og så var det jo mange som skulle på utstillinger, nei det var mye å gjøre.

14. EGS: Jeg holder jo på med undersøkelser av noen en disse oppspente skissene som har hvite overflatefenomen. Noen av dem ble undersøkt av Mette Havrevold på slutten av 1980-tallet? Husker du noe om det?

J.TM: Nei, det husker jeg ikke, det informerte ikke hun meg om.

15. EGS: Jeg tror hun gjorde det, for det står i databasen vår at du anbefalte henne å prøve Thalens Fixativ for å behandle fenomenene med.

J.TM: Å ja, men da mener du utslagene som oppsto, disse hvite tingene

16. EGS: Ja, på åtti-tallet trodde man at dette kunne være mugg? Husker du hva du trodde?

J.TM: Nei jeg tror ikke det er det, jeg tror det er noe som har med fuktighet å gjøre, i forbindelse med fuktighet, de ble jo oppbevart ute

17. EGS: Analyser har vist at det er løselige salter, sink- og magnesiumsulfat. Det er ennå uklart hvorfor det har oppstått. Og fuktighet kan antageligvis være en faktor som har hatt noe å si.

J.TM: Ja, det har nok hatt noe å si med fuktighet, du vet de ble jo oppbevart utendørs, mange av dem.

18. EGS: På åtti tallet skal det har vært en lekkasje i Munch-museet. På den tiden lå jo magasinet i en annen del av museet enn i dag. Husker du om noen av skissene kan ha blitt utsatt for høy luftfuktighet under lekkasjen?

J.TM: Ja, det var vel et par ganger at det var lekkasjer, det rant vann ned fra taket over det store bildet

19. EGS: Ja, du tenker på *Menneskeberget* i foredragssalen

J.TM: Ja den er det jeg tenkte på, da rant vannet nedover veggen og på bildet også.

20. EGS: Men husker du om det kom vann inn i magasinet?

J.TM: Ja, det kom vann inn i magasinet. Det var en gang det hadde vært en kraftig regnskur og det rant inn i magasinet, men vi fikk bildene unna, bar dem bort.

21. EGS: Vet du om vannet kan ha blitt liggende en stund før dere fikk dem unna? For eksempel over natten?

J.TM: Nei det skjedde på dagtid, det tok ikke lang tid, de ble fjernet med en gang.

22. EGS: Vi har også funnet noen elementer som finnes i områder der det er bart lerret og lurert på om Munch kan ha behandlet lerretene med noe, for eksempel en løsning som kan ha inneholdt alun (kaliumaluminiumsulfat)? Har du noen tanker om det?

J.TM: Nei det har han aldri gjort. Munch gjorde ikke noe sånt. Svært mange av lerretene ble jo innsatt med noe da de ble produsert, de ble innsatt med noe middel, jeg vet ikke helt hva det het, nei, ikke veit jeg hva, dextrin, var det det de kalte det, det var det. Jeg vet ikke hva de kalte det, men jeg tror det var Dextrin, det må du undersøke, ja, det var nokså alminnelig, et sånt stoff som lerretene var innsatt med, fra fabrikken.

23. EGS: Noen av maleriene, også noen av aulaskissene, ble dublert i museet. Du har tidligere fortalt om en presse dere brukte til å presse lerretene sammen. Men når maleriene var for store for pressen brukte dere en annen metode? Kan du si noe om den?

J.TM: Ja, store bilder, lerreter, da ble først nytt lerret spent opp på en blindramme som skulle brukes til maleriet, så ble det gått over med et tynt lag med harelim, impregnerte det for å hindre at limstoff skulle trekke gjennom lerretet. Bildet var på rull så ble rugmel og gjerne litt sink hvitt, helst blyhvitt for å hindre sopp, men blyhvitt er jo veldig giftig, så ble lerretene festet sammen stykke for stykke, festet og limt med strykejern, en meter av gangen mens bilde ble rullet ut.

24. EGS: Kan du si noe om metoden som ble brukt i pressen?

J.TM: De mindre bildene ble lagt i pressen, det ble påført harelim på dubleringslerretet, så ble bildet lagt i pressen oppå dubleringslerretet. Det ble gjort raskt for å unngå krymping.

25. EGS: Nesten alle maleriene i samlingen har brun papirtape langs kantene. Det har jeg også sett på mange malerier i andre samlinger i Europa. Husker du hvor dere fikk denne ideen fra? Var det for å beskytte lerretskantene eller var det også estetiske grunner?

J.TM: Ja det var fordi den gangen ble de etter at de var stiftet på blindrammer, så ble de oppbevart som bøker i hyller, svære hyller, for å hindre da de sto i disse hyllen, for å hindre at de skulle gnisses og mange skulle stilles ut, og da ble de sendt uten noe mer enn den tapen. Det var Dørje Haug som hadde oppskriften på dette, han hadde utdannelsen, han hadde utdannet seg i Tyskland på det Dörner Instituttet, det kjente, tror jeg.

26. EGS: Hva med baguette-listene?

J.TM: Nei baguette-listene ble satt på senere

27. EGS: Jeg tenker på da konservering ikke var en egen avdeling, var det kunsthistorikere som bestemte hva som skulle gjøres da?

J.TM: Kunsthistorikere blandet seg ikke i noe angående behandling, det var det ikke noe snakk om, for min del var jeg jo alene om alt. Det ble gjort slik jeg ville det. Jeg kunne jo først ikke noe, men jeg var jo mye ute og reiste og under den store utstillingen i Russland, jeg jobbet jo i Vinterpalasset i en hel måned, så var jeg på kurs i National Gallery i London. Jeg var mye i Tyskland da også, de var jo ledende. Ja, utviklingen kom jo i gang, omkring 1960-tallet, jeg drev jo amatørmessig, eller slik som jeg tenkte var logisk og riktig, særlig i forhold til Hestekuren.

28. EGS: Så det var ingen diskusjoner eller samarbeid med kunsthistorikerne angående behandling?

J.TM.: Nei, eller det var jo de som bestemte utstillingene og informerte om det, men de la seg aldri opp i behandling av bildene.

Vedlegg 16 Litt om konserveringshistorien i Munch- museet sett i lys av rensing og Hestekur-problematikken og generell konserveringsetikk

Fra da konserveringen av Munchs malerier begynte i 1946 har det vært flere ulike tilnærminger og etiske vurderinger som har ligget til grunn for konserveringen av hans malerier. De to siste desenniene har det særlig rådet en restriktiv behandlingsstrategi i Munch-museet. Dette gjelder særlig restriksjoner som gjelder rensing og fjerning av originale avsetninger på overflatene. Derfor ble det ansett som behov for en etisk diskusjon, i første omgang på et mer generelt grunnlag, i forkant av flere ledd til utarbeidelse av en mulig behandlingsplan for de 15 skissene. I denne teksten er det forsøkt å gi et overblikk over konserveringshistorien og endringene og hvordan vi skal forholde oss til disse i dag.

Hvilke internasjonale eller lokale institusjonelle etiske retningslinjer eller forpliktelser forholder vi oss til i dag – Foruten bruk av litteratur og Munchmuseets database (TMS), er deler av metoden for å belyse spørsmål i dette kapittelet basert på intervju av og samtaler med malerikonservatorer, og kunsthistorikere som tidligere var eller, i skrivende stund, fremdeles er knyttet til Munch-museet.

Behandling eller ikke behandling?

Museums-samlinger har som hovedoppgave å oppbevare våre kulturelle minner (Malkogeorgou 2000). Museet skal også fremstille og vise vår kulturelle arv til et generelt publikum (Wegen van 1999: 201). Begge de nevnte oppgavene utfyller hverandre, samtidig som de kan være i konflikt med hverandre. På ICOMs nettsider står det blant annet at et museumsstyre forplikter seg til å formulere en samlingsplan som skal offentligjøres (www.icom.museum). En slik handlingsplan kan blant annet beskrive hvordan museet velger å finne denne balansen. Innenfor museet sier Keyserlingk at en konservators¹⁸⁹ oppgave blant annet er å forsikre at et kunstverk skal kunne fremstille sin presise historie i fremtiden (Keyserlingk 1995: 47). De tre nevnte utsagnene er alle utfordringer for museums-konservatoren, særlig den sist nevnte oppgaven. Den krever i mange tilfeller etiske diskusjoner- og retningslinjer for de avgjørelser som skal tas. De teoretiske retningslinjene er imidlertid ikke alltid entydige eller lette å forholde seg til i praksis.

I forbindelse med konserveringen av Munchs malerier og skisser vil særlig spørsmålet om verkenes presise historie stå sentralt, som i utgangspunktet også er et definisjonsspørsmål.

Kort om rensedebatter generelt

Det finnes referanser til renskontroverser av malerier helt tilbake til antikken (Stoner Hill 2002: 47).¹⁹⁰ I den nye franske republikken startet flere renskontroverser etter at Louvre ble åpnet som museum i 1792. Bare et år etter var 200 malerier rensert og kritikken var

¹⁸⁹ I denne oppgaven er tittelen konservator brukt om de som utfører konservering. Der hvor kunsthistorikere omtales vil tittelen kunsthistorikere brukes og ikke konservatorer.

¹⁹⁰ Keck refererte til Pliny den Eldre (23-79) som klaget på rensingen av et da 300 år gammelt maleri som hang i Apollon-tempelet. Det skulle renses til Apollon-lekene (Keck 1987: 73).

basert på at lasurer og fargetoner var rensset bort og at de som utførte arbeidet var inkompetente (Keck 1984: 74). Det oppsto flere offentlige rensedebatter i London mellom 1846-1947. På midten av 1800-tallet hadde uttrykket "*Gallery varnish*" oppstått¹⁹¹; publikum ble vant til misfargede gul/brune ferneris og de ønsket ikke endringer (Stoner Hill 2002: 47). Omtrent samtidig startet kritikken mot Pettenkofer prosessen (Schmitt 1999: 188). Som tidligere nevnt var prosessen en rensemethode for hvite overflatefenomen (Schnitt 1990). Debatten spredte seg til flere land i Europa og kritikken var konsentrert rundt bekymringer for kvaliteten på metoden, aldring, ulike tekniske detaljer og det økonomiske aspektet fordi behandlingen ikke gav langvarige resultater (Schmitt 1999: 188). Før og under den siste rensingen av det Sixtinske kapell i Roma (1979-1999), engasjerte kunsthistorikere og andre seg i Europa og i USA (www.articles.philly.com). Det var særlig bekymringene for at originale skyggelegginger ble rensset bort samtidig med lagene med overflateskitt og tidligere behandlinger, som kom til uttrykk. Artwatch er en medlemsorganisasjon som ble startet i 1995 og er ledet av Michael Delay (Sutherland 2001: 9).¹⁹² Organisasjonen ser det som sin oppgave å starte debatter og være vakthunder over konservering, særlig rensing, som de mener mange ganger har vandalisert og ødelagt kunstverk.¹⁹³

Etikk og konservering, skiftende perspektiv

En enkel og kortfattet definisjon på hva etikk er kan forklares med læren om hvordan vi oppfører oss mot og behandler andre levende vesener (Jedrzejewska 1976: 4). I følge norsk bokmålsordbok er substantivet norm et begrep knyttet til etikk (Landrøe og Wangensteen 1986). Normer er rettesnorer som kan hjelpe oss å følge eller forstå en moral eller etikk. Moralen er en sammensetning av normer, verdier og de holdninger som eventuelt praktiseres (ibid). Hanna Jedrzejewska forklarte at etikk er vitenskap for moralen eller at etikk er de moralske prinsipper (Jedrzejewska 1976: 4). Annet ordvalg har også blitt brukt av konservatorer; som for eksempel at etikk er den teoretiske begrunnelsen for moralen (Meyer 1988: 109).

Restaurering av kulturhistoriske gjenstander og malerier har lange tradisjoner, men slik konserveringsfaget er i dag, så er historien relativt kort. Selv om det tidligere eksisterte bevissthet rundt behandlingsteori og subjektivitet i kunsthagmiljøene, var det først på 1930-tallet at konkrete konserveringsnormer ble presentert for et bredere publikum i flere konserveringschartre.¹⁹⁴

Presidenten for IIC innledet Roma-konferansen i 1961¹⁹⁵ med følgende: "*one of the important distinguishing features between the craft and the professional phases is that in the latter there is an accepted corpus of principals and methods...*" (sitert fra Thomson 1964: 116). Utsagnet indikerer at det fra da av eksisterte en internasjonal bevissthet som anerkjente

¹⁹¹ Tidlig 1800-tatt ble det påført mastiks- og linoljefernis som i løpet av noen tiår ble brun/gul i tonen (Stoner 2002: 47).

¹⁹² Michael Delay fikk i tilgang til National Gallerys behandlingrappporter og begynte sin kritikk av rensingen av et Michelangelo-maleri, utført av Helmut Ruheman (Sutherland 2001: 9). Ruheman jobbet for National Gallery fra 1934-1942.

¹⁹³ Se: <http://artwatchinternational.org/> eller: <http://artwatchuk.wordpress.com/about/>. Den amerikanske kunsthistorikeren James Beck var en av stemmene mot restaureringen av det sixtinske kapellet, han er knyttet til Artwatch International.

¹⁹⁴ For eksempel, Carta del restauro di Athene (1931) og Venezia-charteret (1964).

¹⁹⁵ IIC Rome Conference 1961, Butteworths, London.

etikk som en viktig del av konserveringsfaget. Innen malerikonservering ble de først etiske retningslinjene for praktisk konservering uttrykt i 1963 i *Murray Pease Report*¹⁹⁶ (Thomson 1964: 116).

Siden har flere etiske koder, chartre og retningslinjer blitt utarbeidet av blant annet AIC, IIC og ICOM. Noen av disse er for eksempel *Code of Ethics for Art Conservators* (Etherington 1985), *The Ethics Check list* (Richmond 2005), *Code of Ethics for Museum* og *Ethics of Conservation Practise: A Look from Within* (Malkogeorgou 2000).

Teoretisk etikk versus i praksis

Fra slutten av 1980-tallet frem til i dag har det særlig vært temaer som preventiv konservering, minimalisme og reversibilitet som har stått i fokus (Appelbaum 1987; Payne 1993; Phenix 1995; Hanssen-Bauer 1996; Clavir 1996; Plahter 1999; Blades *et al.* 2000; Ackroyd og Villers 2003). Imidlertid, uttrykte flere av forfatterne det er referert til her at etiske retningslinjer rundt de tre sist nevnte temaene ofte representerte et skille mellom teori og praksis, altså at teoretiske retningslinjer ofte kunne være vanskelige å følge i praksis (Hanssen-Bauer 1996: 166; Plahter 1999: 77; Payne 1993: 26). Flere av forfatterne presiserte ulike praktiske sider ved konservering, som økonomi, tid, institusjonelle arbeidsprioriteringer, et objekts natur og tidligere behandling og miljøforhold som kunne gjøre ideen om for eksempel minimalisme vanskelig (ibid).

Don Etherington og Leonid A. Lelekov er forfattere som relativt tidlig påpekte dilemmaet ved at prinsipper ved normative regler ikke alltid kan relateres til virkeligheten (Lelekov 1987: 546; Etherington 1985).¹⁹⁷ Etherington påpekte for eksempel at AICs *Code of Ethics* vanskeliggjør krav om behandling av papirkunst dersom det samtidig er ønskelig og skulle følge kodens norm om å respektere kunstverkets integritet (Etherington 1985).

Kontekst- konservering av Munchs malerier gjennom årtiene

I forbindelse med konservering av ulike gjenstander har det blitt sagt at kontekst påvirker konserveringsbehandling og at tolkningen av et objekts "sanne natur" kan endres med tiden (Eastop 1995: 44). Disse påstandene referer i større grad til arkeologiske og kulturhistoriske gjenstander, men kan også i mange sammenhenger ha gyldighet knyttet til konservering av malerier.

I en årrekke etter Munchs død kan det sies at hans malerier ble konservert etter datidens europeiske standard, dvs. at det for eksempel ble utført relativt hyppige strukturelle behandlinger.¹⁹⁸ For eksempel er en følge av behandlinger utført mellom 1946 og 1970 at 33 % av Munch-museets samling av 1131 malerier ble dublert (Aslaksby 1998). Noen malerier som opprinnelig ikke var fernissert ble fernissert og flere malerier ble retusjert med oljefarger og overflaterenset med såpe og vann (TMS). Mye av den nevnte konserveringen

¹⁹⁶ I 1961 etablerte den amerikanske delen av IIC en komité som skulle arbeide med profesjonelle standarder og fremgangsmåter, komiteen ble ledet av Mr. Murray Pease, derav navnet Murray Pease report.

¹⁹⁷ Kory Berrett ser andre svakheter i AICs Code of Ethics når den gir liten hjelp for eksempel til konserveringskartlegging (*conservation surveys*) (Berrett 1994: 193).

¹⁹⁸ Her menes strukturelle behandlinger som for eksempel dubleringer.

var under ledelse av Thurmann-Moe.¹⁹⁹ Imidlertid, må det nevnes at det i løpet av denne perioden også eksisterte en teoretisk form for restriktiv behandlingsholdning (Thurmann-Moe 24.3.2008: [intervju]).

I følge Trond Aslaksby²⁰⁰ utviklet det seg en drastisk endring i konserveringspraksisen av Munchs malerier rundt 1980, altså omtrent tretti år etter at konserveringen av hans malerier startet (Aslaksby 1998: 3). Grunnlaget for endringene var ikke sammenfattende med en generell utvikling i konserveringspraksisen i Europa, med tanke på utviklingen av nye materialer og metoder og økt kunnskap om materialeegenskaper og aldring. Det var andre ting som lå til grunn, endringene i praksisen ble restriktiv og var i stor grad etisk begrunnet. Thurmann-Moe har antageligvis hatt kjennskap til for eksempel John Ruskin (1819-1900) (Thurman-Moe 1995: 23). Ruskin sto for sterke restriktive behandlingsteorier for historiske kulturobjekter i Viktoriatidens England (Jokilehto 2005: 174).²⁰¹ Det var antageligvis i hovedsak Thurmann-Moes interesse for Munch maleriene historie som ble lagt til grunn. Det var lagt særlig vekt på og tatt hensyn til hvordan maleriene var blitt behandlet og oppbevart i tiden de var i kunstnerens eie. Mye av Thurmann-Moes argumentasjon for den følgende restriktive behandlingsstrategien ble også forsøkt styrket med Munchs og andre samtidiges nedskrevne uttalelser om behandling av maleriene hans, dette vil bli presisert senere i kapittelet.

Konserveringspraksis og etikk i Munch-museet

Westby Percival-Prescott sier at maleriets utholdenhet mot tiden og konservatorens inngrep er sterkt avhengig av maleriets egen fysikk (Percival-Prescott 1996: 73). Store deler av samlingen i Munch-museet bærer preg av en røff behandling og mange malerier var i en dårlig forfatning etter å ha vært lagret hos kunstneren under ulike forhold, noen av dem i årtier.²⁰² Fugleskitt, tørr matt maling, vannskjolder, muggflekker, overflateskitt, oppskallet og avskallet maling, rifter, hull og spor etter bretter etc. er ikke uvanlig i samlingen. Det er slike "spor" malerikonservator Thurmann-Moe mente var følger av Munchs bevisste behandling av maleriene, for å oppnå et ønsket uttrykk (Thurmann-Moe 24.3.2008: [intervju]). Imidlertid skriver Trond Aslaksby at Edvard Munch først og fremst ønsket matte tørre overflater (Aslaksby 1998:2). Thurmann-Moe tillegger oppbevaringsformen/behandlingen maleriene fikk etter at de var malt, til en del av skapelsesprosessen av kunstverkene (Thurmann-Moe 24.3 2008: [intervju]). Den sist nevnte delen av skapelsesprosessen kaller Thurmann-Moe for Munchs "*Hestekur*" (ibid).²⁰³ Selv om Percival-Prescotts utsagn kan relateres til noe av Munchs bruk av materialer, må imidlertid

¹⁹⁹ I 1944 begynte registreringen av verk og inventar på Ekely (Aslaksby 2002: 287). Konserveringen av maleriene begynte i 1946, først i Munchs vinteratelier på Ekely. Thurman-Moe begynte som Dørje Haugs assistent i 1952, han arbeidet der helt til Munch-museet på Tøyen åpnet i 1963. Fra da av jobbet han i museets konserveringsavdeling til han gikk av med pensjon i 1997.

²⁰⁰ Aslaksby arbeidet som malerikonservator i konserveringsavdelingen i Munch-museet fra 1988-1998, det siste året som atelierleder etter Thurman-Moe.

²⁰¹ For Ruskin hørte slitasje med til et objekts historie og var viktig i seg selv.

²⁰² Andre kunstneres testamentariske samlinger har også vært tatt i mot i dårlig forfatning, som William Turners testamentariske gave til staten Storbritannia: "*We know from contemporary accounts of the poor state of many of the Turners at the time they were bequeathed*" (Perry 1996: 3).

²⁰³ Thurman-Moe skriver at ordet hestekur ble brukt av Munch (Thurman-Moe 1995). Imidlertid antar Stein at ordet hestekur først ble brukt av Rolf Stenersen, etter Munchs død (Stein 2011: 94).

materialenes utholdenhet under ekstreme miljø og oppbevaringsformer tas med i beregningen.

Usikkerhet rundt Edvard Munchs intensjoner, ved at han blant annet oppbevarte noen malerier utendørs, lå til grunn for Mille Stein og Inger Grimstad²⁰⁴ da de i 2004 gav retningslinjer for hvilke fenomener som skal og ikke skal behandles i hans malerier (Stein *et al.* 2006: 354). I 2004 undersøkte de to konservatorene, i konserveringsøyemed, hele samlingen av Munch-malerier, som tilhører Oslo kommune. Følgende retningslinjer ble formulert:

- Bare hull som har oppstått etter at maleriet var overdratt til Oslo kommune skal repareres.
- Bare avskallinger som har oppstått etter at maleriet var overdratt til Oslo kommune skal retusjeres.²⁰⁵
- "Originale" organiske avleiringer på overflatene av maleriene (som fugleskitt) skal ikke fjernes.
- "Originale" vannskjolder skal ikke fjernes.
- Overflateskitt og misfarget ferniss skal bare fjernes dersom det skader maleriets fargebalanse eller tolkning.

Tolkning; tid og kontekst

Med tanke på formuleringen innledningsvis i teksten; at tid og kontekst påvirker behandling og tolkning (Eastop 1995: 44), kommer det frem hos både Thurmann-Moe og Stein og Grimstad at valg i forbindelse med behandling eller ikke behandling av ulike fenomener i Munchs malerier, også er forbundet med usikkerhet. Usikkerheten er, som indikert ovenfor, konsentrert til rundt hva som er "originale" skader og hva som er oppstått etter Munchs død. Det dreier seg altså i denne forbindelse om tolkning av hva som er autentiske "skader" eller hva som er kunstnerens intensjon og hva som ikke er det.

Stein og Grimstad, og øvrige malerikonservatorer som har konservert eller konserverer Munchs malerier, har tilgang til noe dokumentasjonsmateriale, som gamle foto og begrensede²⁰⁶ gamle tilstandsrapporter som er overført til museets database (TMS), for å kunne stadfeste tidsperspektiv for enkelt skader. Thurmann-Moe på sin side har begrunnet flere av sine teorier om når ulike skader har oppstått på et mer generelt grunnlag, og var mer opptatt av å overbevise om Munchs intensjoner (Thurmann-Moe 1995: 18-23). Han refererte blant annet til sine egne samtaler med Chrix Dahl, i tiden han konserverte på Ekely.

²⁰⁴ Bare de to det er referert til er malerikonservatorer, de øvrige forfatterne av artikkelen har ikke vært aktive når det gjelder undersøkelser eller utarbeiding av behandlingsforslag, de har hatt tekniske roller i forbindelse med anvendt registreringsverktøy (GIS). Grimstad arbeidet i konserveringsavdelingen i museet fra 1987-1988 og fra 1992-d.d. Stein arbeidet i avdelingen i 1980-1994. Hun jobber i dag ved Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU).

²⁰⁵ "Only flaking that has occurred after the painting was given to the City of Oslo shall be retouched": Sitat fra den originale engelske versjonen (Stein *et al.* 2006: 354). (Dårlig valg av formulering: det lar seg vanskelig gjøre å retusjere en avskalling, det burde stått retusjering i avskallede områder?).

²⁰⁶ Med begrensede, menes at enkelte rapporter fra før ca 1980-tallet i flertall er kortfattede og gir lite eller i noen tilfeller ingen informasjon om malerienes tilstander (TMS). Alle konserveringsrapporter fra tidligere arkiv er ført inn i TMS databasen.

Dahl var en da gjenlevende nabo av Munch (ibid). I tillegg brukte han litterære referanser, som Rolf Stenersens dagbøker og brev skrevet til Munch, av hans samtidige (ibid: 18-23).²⁰⁷

Tid og kontekst kan her ha hatt betydning for de ulike parter i forbindelse med tolkninger, ikke minst tolkningen av hva som er subjektive eller objektive belegg. Lars-Uno Johansson skrev for eksempel at det finnes en subjektiv og en objektiv virkelighet; at det noen i vår tid oppfatter som en virkelighet kan ha inneholdt en annen virkelighet for andre under tidligere tidsperioder (Johansson 1988: 87).

Definisjon av skade og tverrfaglig kommunikasjon

Ikke bare når en skade kan ha oppstått, men også en skades betydning har vært diskutert i konserveringsavdelingen i Munch-museet. Kan skaden sette andre deler av maleriet i fare, dekker for eksempel avleiringer i overflaten så mye av et motiv at opplevelsen av verket blir ødelagt – I denne sammenhengen er det interessant å lese Jonathan Ashley-Smiths *"Definition of Damage"*, hvor han blant annet skrev at uansett hvordan en skade har oppstått, vil skaden være en viktig del av en gjenstands historie (Ashley-Smith 1995). Han påpekte imidlertid også problematikken med å forstå "innholdet" i en skade. Både Jedrzejewska og Ashley-Smith mener at i forbindelse med tolkningen av skader må flere faggrupper inkluderes for å oppnå objektivitet (Jedrzejewska 1976: 6; Ashley-Smith 1995). Ashley-Smith har erkjent at slike tolkninger ikke er enkle og han har gitt eksempler på hvordan de kan være høyst subjektive; en konservator kan rense og konsolidere med den hensikt å sikre og legitimere en gjenstand, en kunsthistoriker kan ta et blikk på verket å uttrykke, "Gud du har ødelagt det" (Ashley-Smith 1995). Ashley-Smith erkjente imidlertid at ulike faglige syn er stimulerende.

I Munch-museet vitner noe arkivert dokumentasjon om tverrfaglig kommunikasjon. Datert 5.5.1958 står det i TMS om *Selvportrett*²⁰⁸: *I samråd med dir. Langaard*²⁰⁹ *er nå alle stripene som krysser figuren retusjert ...*(TMS). Denne referansen antyder at det har vært kommunikasjon mellom konservator og kunsthistoriker angående behandling eller ikke behandling. Under samtale med Stein bekreftet hun at flere diskusjoner utspant seg på begynnelsen av 1980-tallet angående fjerning eller ikke fjerning av fugleekskremer (Stein 17.12.2008: personlig kommunikasjon). Store deler av motivet på portrettet av *Hjørdis Gierløff*,²¹⁰ var dekket av fugleekskremer. Daværende museumsleder Arne Eggum ville at fugleskitten skulle fjernes av estetiske grunner, mens atelierleder Thurmann-Moe ikke ville at avleiringene skulle fjernes av etiske grunner (ibid). Eggums argumentasjon vant den gang frem og Stein fikk oppgaven med å fjerne avleiringene (Stein 1985: TMS).

De foregående eksemplene referer imidlertid bare til to enkeltepisoder. Intendant ved Moderna Museet i Stockholm, Iris Müller Westermann, kunne ikke erindre noen organisert

²⁰⁷ Thurmann-Moe referer blant annet til brev av den tyske kunsthistorikeren Curt Glaser (1879-1942), kunsthistorikeren Carl Georg Heise (1890-1979) og av den tyske maleren Hermann Schlittgen (1859-1930), som alle på ulike tidspunkt hadde møtt eller kjente Munch (Thurmann-Moe 1995: 18).

²⁰⁸ Woll M 152

²⁰⁹ Johan Henrik Langaard var direktør for Oslo kommunes kunstsamlinger fra 1946 og direktør for Munch-museet fra 1962-1965 da han gikk av med pensjon og Ragna Stang overtok direktørjobben (Engan 23.5.2014: Personlig kommunikasjon).

²¹⁰ Woll M 1813 App

form for kommunikasjon mellom konserveringsavdelingen og andre faggrupper i museet i forbindelse med behandling, under tiden hun jobbet der (Müller-Westermann 17.8.2008: intervju i Stockholm). I samtaler med Inger Grimstad kunne hun imidlertid erindre at det i de siste 15 årene og nå forekom og forekommer slik kommunikasjon, men kun sporadisk i forbindelse med enkeltsaker (Grimstad april 2013: personlig kommunikasjon). Müller-Westermann, Stein og Grimstad uttrykte også at deres oppfatning var at museet i løpet av 1980 til slutten av 1990-tallet var styrt av sterke personligheter med sterke overbevisninger om ulike virkelighetsoppfatninger. Dette vanskeliggjorde viktig kommunikasjon mellom de ulike faggruppene i museet (Müller-Westermann: intervju og Grimstad; Stein: personlige samtaler). I følge Müller-Westermann var foretak i konserveringsavdelingen for en stor del styrt av Thurmann-Moes subjektive holdninger i forhold til Munchs "*hestekur*". I denne forbindelsen må det ikke glemmes at også Müller-Westermanns, Stein og Grimstads holdninger kan være subjektive.

I de fleste tilfeller vil en konservator ha mange gode grunner for å ønske å fjerne fugleekskremer fra en malerioverflate. Ønsket vil ikke bare være av estetiske hensyn og respekt for integritet, men også i forbindelse med de skader etsende avleiringer kan forårsake i underliggende, originale fargelag (Eastaugh 1990: 19). Nick Eastaugh har uttrykt at det er de skader som skitt og avleiringer kan forårsake og hvordan de kan forstyrre vår oppfatning av et verk, som er grunner til at en konservator kan ønske å fjerne de nevnte fenomenene fra en original overflate (ibid). Eastaugh diskuterer i sin artikkel de psykologiske og tekniske aspekter ved vår oppfattelse av skitne overflater generelt, men vurderer ikke etiske sider ved avgjørelser om behandling, som for eksempel hensyn til kunstneriske intensjoner (ibid: 19-23). Imidlertid, kan kanskje ikke Eastaugh klandres for det, det er antageligvis høyst uvanlig at 1800-talls og tidlig 1900-talls kunstnere har ønsket at overflatene av maleriene deres for eksempel skal besitte fugleekskremer.²¹¹

Kunstnerens intensjon – hvem har ansvaret?

I følge Steven Dykstra er det å kunne presentere et kunstverk slik kunstneren selv har ønsket det, et av de viktigste prinsippene som har vært debattert i løpet av 1900-tallet (Dykstra 1996: 198). I følge Aslaksby²¹² skrev konservator Ole Dørje Haug²¹³ allerede i 1949 at Munchs malerier krevde spesiell oppmerksomhet fra konservatorer (Aslaksby 1999: 3). Dørje Haug skal ha uttrykket vilje til å forstå Munchs intensjoner ved at han lot maleriene bli oppbevart utendørs, men han skal samtidig ha sett en mangel på teknisk kunnskap hos Munch (ibid).²¹⁴ Direktør Langaard oppsummerte konserveringsarbeidet som ble gjort mellom 1946-1951 (Langaard 1951; Aslaksby 2002: 287). Beskrivelsene av behandlingene og argumentasjonen som ble uttrykket vitner om tidlig minimalisme. Imidlertid, bekrefter Aslaksby at ved undersøkelser av disse maleriene i samlingen, har ikke forholdet mellom teori og virkelighet samsvart, altså i forhold til hva Aslaksby observerte og det Langaard hadde skrevet (Aslaksby 1999: 4). Thurman-Moes definisjon av "*hestekuren*" var fra 1950-tallet en rettleidende

²¹¹ Utsagnet er høyst subjektivt, med en bevissthet om at det i vår samtidskunst ikke har gyldighet; som et eksempel har den britiske kunstneren Chris Ofili benyttet elefantekskremer som elementer i flere av sine bilder på 1990-tallet. Se: <<http://www.chrisofiliprints.info/biography.php?cur=USD>> [lesedato 13.6.2013].

²¹² Trond Aslaksby jobbet som malerikonservator ved Munch-museet fra 1985-1999

²¹³ Dørje Haug var malerikonservator ved Nasjonalgalleriet og også ansvarlig for konserveringen av Munchs malerier på Ekely etter Munchs død, Thurmann-Moe begynte som hans assistent i 1950.

²¹⁴ Munch var en autodidakt kunstner (Thurmann-Moe 24.8.2008: intervju).

hypotese. Som tidligere skrevet, var det først på 1980-tallet at teorien ble tatt opp igjen og at den ble praktisk gjeldende i konserveringsavdelingen, under ledelse av Thurmann-Moe (Aslaksby 1999).

En av de store utfordringene når det gjelder behandling av Munchs kunst, er nettopp, hva var de kunstneriske intensjonene og hva var tilfeldige utfall av noen av malerienes opphold utendørs. Det er kjent at utendørsoppholdene i flere tilfeller hadde som intensjon å oppnå matte og værede overflater (Sandbakken og Tveit 2012). Thurmann-Moe mente at Munch kan ha fått inspirasjon fra James Whistlers (1834-1903) behandling av bildene sine (Thurmann-Moe 1999: 23). Whistler skal ha hengt bildene sine ut i vær og vind for å oppnå en mykere tone i overflatene (Merrill 1992: 102,103). Whistler var altså også opptatt av overflatene til maleriene sine og som en del av det skal han imidlertid også ha vært opptatt av at maleriene hans skulle renses og jevnlig re-fernisseres (Stoner 1997: 107).²¹⁵ I følge Stoner skal Whistler også ha vært opptatt av at maleriene hans skulle være plane og gjerne dublerste (ibid). Stoner viser at Whistlers syn på behandling av sine bilder kan oppfattes som mer sammensatt enn det Thurman-Moe refererte til i publikasjonen *Edvard Munchs «Hestekur»*. Der brukte Thurman-Moe Whistler som et eksempel på en kunstners intensjoner og for å bygge opp argumenter til restriksjonene angående behandling i Munchs malerier (fordi det da brøt det med Munchs intensjoner). Aslaksby har skrevet at fra 1980-tallet gikk denne holdningen så langt at til og med nye skader ikke ble behandlet (Aslaksby 2002: 289).

Hadde Thurmann-Moe med "*Hestekuren*" lagt ansvaret på Munch – Etisk sett kan det ofte spørres om konservatorens forpliktelse er overfor kunstneren eller kunstverket (Petovic 1999: 397). Med Munchs kunst, kan det formuleres som; har vi ansvar overfor "*hestekuren*", kunstneren eller kunstverket – Mange konservatorer som har ansvaret for samtidskunst har skrevet at kommunikasjon med levende kunstnere er nødvendig og kan være nyttig (Hermes 1999; Petovic 1999; Wegen 1999).²¹⁶ For eksempel har Tate Museum sendt ut spørreskjema til alle levende kunstnere, som de har verk av i samlingen. De har spurt kunstnerne om hva slags meninger de har angående materialer de har brukt og deres syn på aldring av verkene (Petovic 1999: 398). Likevel er ikke kommunikasjon med kunstnere, angående deres intensjoner og konservering, uproblematisk. Kommunikasjonen kan være i konflikt med konservatorens bevaringshensyn. For eksempel sa kunstneren Henk Peters (1925-2013) under intervju, at han ved henvendelser alltid foreslo at museene skulle kaste deler av kunstverkene hans som hadde gått i stykker (Petrovic 1999: 398). Han sa også at han hatet den rigide holdningen til bevaring av originale materialer (ibid). Robert Rauchenberg (1925-2008) og mange av hans samtidige skal ha akseptert og satt pris på fysiske endringer som skjer ved aldring eller skader i kunstverkene deres (Volent 1994: 173). Tate Museum har ikke alltid tatt hensyn til kunstnerne, dersom deres forslag blir oppfattet som upassende (ibid: 396). Kunstneren Ben Shahan (1898-1969) skrev at kunstnere i første omgang burde fått sin tunge kuttet av (Shahan 1949: 45). Han skrev at når en kunstner har uttrykket sine ord har han satt seg i en sårbar situasjon, fordi han ofte ser annerledes på saken og har en annen følelse dagen derpå. Da er det i midlertidig for sent, hans ord står fast som en dommer over ham (ibid: 43).

²¹⁵ Dette var grunnet Whistlers utstrakte bruk av grå, blå og sorte toner. Disse områdene mistet lett sin visuelle funksjon med overflateskitt på fernisslaget (ibid).

²¹⁶ Det tenkes her også på kommunikasjon med avdøde kunstneren som har uttalt seg eller latt seg intervju, mens de har ennå har levd.

De fleste kunstnere utvikler seg i løpet av sine karrierer og har ofte høyere bevissthet og tanker om kunstverkets levetid og hvordan det vil aldres, først senere i karrieren (Sturman 1999: 394). På den andre siden vil en produktiv kunstner som har kommet langt i sin karriere sannsynligvis også ha andre bekymringer. Shahan har skrevet at den vanskeligste ting for en kunstner er å se sine lerreter stablet i atelieret (Shahan 1949: 45). Med tanke på mengden kunst Munch hadde produsert, må det ha vært et praktisk problem å finne forsvarlige lagringsformer og plass for den relativt store mengden av storformatskisser, portretter og ikke minst 17 000 grafiske blad han hadde i sin eie. Allerede i 1910 skal Munch ha uttalt: ... *det er et forferdelig arbeide bare at holde greie på mine bilder...* (Sitert i LR 536, s. 48).

Etiske vurderinger

Lagringsproblemer kan se ut til å ha gått helt ut av Munchs kontroll, i hvert fall når det gjelder aulaprosjektet og i hans siste år. Etter hans død ble det funnet malerier overalt på Ekely-tomten (Thurmann-Moe 9.9.2007: [intervju]). Thurmann-Moe husker for eksempel at de fant en 1 m i diameter stor isball med lerret bak stallen (ibid). Ballen ble tatt med inn og måtte tines før den kunne rulles ut. Den viste seg å være en versjon av *Arbeidere i Sne*.

Det er usannsynlig at det var Munchs intensjoner, altså at han bevisst har ment at maleriene hans skulle "forbedres" etter noen måneder eller år i uteatelieret på «Skrubben» eller bak stallen på Ekely. Fotodokumentasjon som viser hvordan han stilte opp malerier i hagen på Ekely eller i Åsgårdstrand har ikke gyldighet for langvarig oppbevaring utendørs. For eksempel hadde han liten plass innendørs i Åsgårdstrand og det virker naturlig at han noen ganger tok ut maleriene fordi han eventuelt hadde behov for å se flere av dem i en sammenheng. Han kan også ha måttet stille dem opp ute for posering sammen med dem i fotografier eller for å vise gjester eller andre interesserte hans prosjekter eller siste arbeider.

Munch var antageligvis også bevisst på hvilke malerier han behandlet mindre skjodesløst og sett at det har hatt en verdi i seg selv. Steins forskning rundt Munchs "*hestekur*" har vist at av de motiver han hadde malt flere versjoner av er det kun versjonen i beste tilstand og med signatur som Munch selv stilte ut (Stein 21.9.2013: foredrag).

Etisk forsvarlig å fjerne hvite overflatefenomenene i de 15 skissene

I Stein og Grimstads retningslinjer for konservering av Munchs malerier skrev de, som nevnt, blant annet at «originale» avleiringer i overflatene ikke skulle fjernes. Undersøkelser av de 15 skissene viste at de hvite overflatefenomenene antageligvis har utviklet seg til å bli synlig på overflatene etter Munchs død. Det vil allikevel ikke være riktig å si at overflatefenomenene har oppstått etter at Oslo kommune tok over Munchs malerier. Kjemiske prosesser har antageligvis startet tidlig i skissenes liv, særlig med tanke på at de tidligere kan ha vært lagret utendørs. Uansett blir diskusjonen om originale eller ikke originale fenomener mindre interessante så lenge undersøkelsene også har vist at de løselige krystallene delvis har forårsaket ustabilitet i fargelagene i skissene. I tillegg forstyrrer de hvite overflatefenomenene både tolkning og fargebalanse i flere av skissene.

Spørsmålet om det er etisk riktig å fjerne de hvite overflatefenomenene eller om det er etisk uforsvarlig i følge gitte retningslinjer, er lettere å avgjøre rent prinsipielt. Å fjerne overflatefenomenene vil prinsipielt være etisk forsvarlig, men spørsmålet om det er mulig

eller hvordan det kan gjøres er lang mer utfordrende. Mikroskopfotografier har vist at krystallene har "sprengt" seg ut av fargelagene og at de dermed er i ferd med å ødelegge dem. I overflaten ligger krystaller og pigmenter blandet og hvordan det er mulig å skille dette ved å fjerne krystaller og ikke pigmenter, vil være vanskelig, om ikke umulig. Det samme problemet har også vist seg i forbindelse med rensing av skitt fra ufernisserte overflater. I noen tilfeller har det vært problematisk eller umulig å skille skitt og originalmateriale fra en overflate (Perry 1990: 4).

Det sist utsagnet indikerer at å behandle de 15 skissene er en utfordring som faller utenfor denne oppgaven. Det er likevel ønsket at denne teksten skal være til hjelp ved fremtidig utarbeidelse av eventuelle behandlingsprosjekter.